



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 199 49 507 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 16 H 3/66  
B 60 K 17/08

⑲ Aktenzeichen: 199 49 507.6  
⑳ Anmeldetag: 14. 10. 1999  
㉑ Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 199 49 507 A 1

⑦ Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

⑧ Erfinder:  
Zierner, Peter, 88069 Tettngang, DE

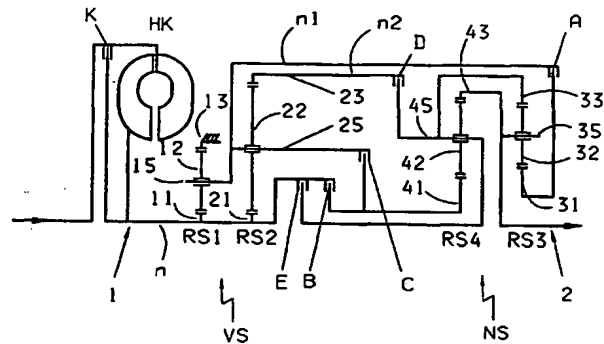
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

US	53 42 258 A
US	53 42 257 A
US	34 00 609
EP	04 34 525 A1
EP	03 71 651 A2
WO	86 06 808 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mehrstufengetriebe

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Mehrstufengetriebe mit mindestens 7 Vorwärtsgängen, bei dem an der Antriebswelle (1) zwei nicht schaltbare Vorschalttradsätze (RS1, RS2) vorgesehen sind, die ausgangsseitig zwei Drehzahlen (n1, n2) erzeugen, die neben der Drehzahl der Antriebswelle (1) wahlweise auf einen auf die Abtriebswelle (2) wirkenden, schaltbaren Nachschalttradsatz (RS3, RS4) durch selektives Schließen der Schaltelemente (A, B, C, D, E) derart schaltbar sind, dass zum Umschalten von einem Gang in den jeweils nächstfolgenden höheren oder niedrigeren Gang von den beiden gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement ab- und ein weiteres zuge-  
schaltet werden muß.



DE 199 49 507 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrstufengetriebe nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Getriebe geht aus der EP 0 434 525 A1 hervor. Es umfaßt im wesentlichen eine Antriebswelle und eine Abtriebswelle, die koaxial zueinander angeordnet sind, einen konzentrisch zur Abtriebswelle angeordneten Doppelplanetenradsatz und fünf Schaltelemente in der Form von drei Kupplungen und zwei Bremsen, deren wahlweise Sperrung jeweils paarweise die verschiedenen Gangübersetzungen zwischen der Antriebswelle und der Abtriebswelle bestimmen.

Das bekannte Getriebe weist zwei Leistungswege auf, wobei ein erstes Element des Doppelplanetenradsatzes durch eine erste Kupplung mit dem ersten Leistungsweg verbunden ist, ein zweites Element des Doppelplanetenradsatzes mit der Abtriebswelle fest verbunden ist, ein drittes Element mit dem zweiten Leistungsweg über eine dritte Kupplung verbunden ist und durch eine erste Bremse gesperrt wird und ein viertes Element des Doppelplanetenradsatzes mit dem ersten Leistungsweg über eine zweite Kupplung verbunden ist und durch eine zweite Bremse gebremst wird, sodass eine wahlweise Schaltung paarweise zwischen den Schaltorganen so gewährleistet ist, dass sechs Vorwärtsgänge entstehen. Dabei wird ein erster Gang durch die erste Kupplung und die erste Bremse, ein zweiter Gang durch die erste Kupplung und die zweite Bremse, ein dritter Gang durch die erste Kupplung und die zweite Kupplung, ein vierter Gang durch die erste Kupplung und die dritte Kupplung, ein fünfter Gang durch die zweite Kupplung und die dritte Kupplung und ein sechster Gang durch die dritte Kupplung und die zweite Bremse geschaltet. Schließlich wird ein Rückwärtsgang durch die zweite Kupplung und die erste Bremse geschaltet.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, ein Mehrstufengetriebe zu schaffen, das wenigstens sieben Vorwärtsgänge mit einer günstigen Gangstufung und großer Spreizung umfaßt und vergleichsweise kostengünstig herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Mehrstufengetriebe in einer ersten Lösung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, in einer zweiten Lösung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13, in einer dritten Lösung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 18 und in einer vierten Lösung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 22 gelöst.

Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, daß das erfindungsgemäße Mehrstufengetriebe bei einer geringen Anzahl von Radsätzen und Schaltelementen mindestens sieben Vorwärtsgänge aufweist. Dabei sind in jedem geschalteten Gang jeweils nur zwei Schaltelemente geschaltet. Beim Umschalten von einem Gang in den nächsten wird lediglich ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet. Auf diese Weise können schaltqualitätskritische Gruppenschaltungen, bei denen mehrere Schaltelemente gleichzeitig geschaltet werden müssen, vermieden werden.

Aus den Unteransprüchen gehen bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung hervor, die kostengünstig herstellbare Mehrstufengetriebe betreffen, bei denen mit einer möglichst kleinen Anzahl von Schaltelementen und Radsätzen möglichst viele Gänge schaltbar sind.

Im folgenden werden die Erfindung und deren Ausgestaltungen im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A und 1B eine erste Ausführungsform eines Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 2A und 2B eine zweite Ausführungsform eines Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 3A und 3B eine dritte Ausführungsform eines Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 4A und 4B eine vierte Ausführungsform eines Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 5A und 5B eine fünfte Ausführungsform eines Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 6A und 6B eine sechste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit zehn Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 7A und 7B eine siebte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit neun Vorwärtsgängen und zwei Rückwärtsgängen;

Fig. 8A und 8B eine achte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit neun Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 9A und 9B eine neunte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit acht Vorwärtsgängen und zwei Rückwärtsgängen;

Fig. 10A und 10B eine zehnte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit dreizehn Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 11A und 11B eine elfte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit sechzehn Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang;

Fig. 12A und 12B eine zwölfte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit acht Vorwärtsgängen und ohne Rückwärtsgang;

Fig. 13A und 13B eine dreizehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit acht Vorwärtsgängen, ohne Rückwärtsgang;

Fig. 14A und 14B eine vierzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit acht Vorwärtsgängen, ohne Rückwärtsgang;

Fig. 15A und 15B eine fünfzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit elf Vorwärtsgängen, ohne Rückwärtsgang und

Fig. 16A und 16B eine sechzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit siebzehn Vorwärtsgängen, ohne Rückwärtsgang.

In den Figuren sind entsprechend der jeweiligen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe das Kraftflußschema (Fig. 1A bis 16A) sowie die Schaltlogik mit den zugehörigen Übersetzungen der einzelnen Gänge, die Gangstufung, die Getriebespreizung und die Standübersetzungen der einzelnen Planetenradsätze (Fig. 1B bis 16B) dargestellt. Aus den Standübersetzungen ist für den Fachmann mittels Kutzbachplan ersichtlich, daß Gruppenschaltungen bei allen dargestellten Ausführungsformen vermieden werden.

Zu der Erfindung führten die folgenden Überlegungen. Um mit fünf Schaltelementen ein gegenüber dem Stand der Technik vergleichsweise kostengünstig herstellbares Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang zu schaffen, werden an der Antriebswelle zwei Vorschaltadsätze vorgesehen, die zusätzlich zu der über die Antriebswelle eingeleitete Eingangsdrehzahl  $n$  zwei weitere Drehzahlen  $n_1$  und  $n_2$  erzeugen. Im Gegensatz dazu ist bei dem eingangs beschriebenen bekannten Mehrstufengetriebe nur ein Vorschaltadsatz an der Antriebswelle vorgesehen, der zusätzlich zur Eingangsdrehzahl  $n$  eine weitere Drehzahl erzeugt. Durch Betätigen der Schaltelemente werden bei der vorliegenden Erfindung die Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  und die Ein-

gangsdrehzahl  $n$  entsprechend dem geschalteten Kraftfluß auf die Abtriebswelle übertragen. Durch die Anordnung zusätzlicher Schaltelemente lassen sich, ausgehend von dem erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang, verschiedene Mehrstufengetriebe mit mehr als sieben Vorwärtsgängen und mindestens einem Rückwärtsgang, insbesondere für Personenkraftwagen, Busse und Lastkraftwagen, konzipieren. Für Offroad-Fahrzeuge kann ein Kriechgangkonzept mit spezieller Gangabstufung dargestellt werden. Für den Einsatz in Motorrädern und Fahrrädern können Vielganggetriebe ohne Rückwärtsgang dargestellt werden.

Im folgenden werden im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 5 fünf verschiedene Varianten des vorliegenden Mehrstufengetriebe mit sieben Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang erläutert, die durch fünf Schaltelemente schaltbar sind. Da mit den erfindungsgemäßen Getriebekonzepten eine Spreizung von 9 und größer möglich ist, kann der im Vergleich zum eingangs beschriebenen Sechsgang-Getriebe erzielte Spreizungsgewinn beispielsweise auch zur Substitution eines üblicherweise als Anfahr-element verwendeten Drehmomentwandlers durch eine einfache hydraulische Kupplung genutzt werden, ohne dabei auf eine hohe Anfahrleistung des Fahrzeugs zu verzichten.

In den Fig. 1 bis 5 sind jeweils die Antriebswelle mit 1, die Schaltelemente mit A, B, C, D und E, der erste Planetenradsatz des Vorschalttradsatzes VS mit RS1, der zweite Planetenradsatz des Vorschalttradsatzes VS mit RS2 sowie der erste und zweite Radsatz des schaltbaren Nachschalttradsatzes NS mit RS3 bzw. RS4 bezeichnet.

Allen fünf Ausführungsformen der Fig. 1 bis 5 ist gemeinsam, dass der Vorschalttradsatz RS1 neben der Eingangsdrehzahl  $n$  der Antriebswelle 1 eine erste zusätzliche Drehzahl  $n_1$  und der zweite Radsatz RS2 eine zweite zusätzliche Drehzahl  $n_2$  erzeugen. In jedem geschalteten Gang sind jeweils nur zwei Schaltelemente geschlossen.

Die Vorschalttradsätze bilden ein nicht schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe, wobei mindestens eine Welle und maximal eine Welle je Vorschalttradsatz mit der Drehzahl  $n$  der Antriebswelle 1 läuft und mindestens eine Welle und maximal eine Welle je Vorschalttradsatz festgesetzt ist.

Der Radsatz RS1 weist ein Sonnenrad 11, Planetenräder 12 und ein Hohlrad 13 auf. Der Radsatz RS2 besitzt ein Sonnenrad 21, Planetenräder 22 und ein Hohlrad 23. Der den Planetenrädern 12 gemeinsame Steg ist mit 15 bezeichnet, während der den Planetenrädern 22 zugeordnete Steg mit 25 bezeichnet ist.

Bei dem schaltbaren Nachschaltgetriebe NS handelt es sich um ein schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe, das die Radsätze RS3 und RS4 umfaßt. Der Radsatz RS3 weist ein Sonnenrad 31, Planetenräder 32 und ein Hohlrad 33 auf. Entsprechend umfaßt der Radsatz RS4 des Nachschaltgetriebes NS ein Sonnenrad 41, Planetenräder 42 und ein Hohlrad 43. Der den Planetenrädern 32 gemeinsame Steg ist mit 35 bezeichnet, während der den Planetenrädern 42 gemeinsame Steg mit 45 bezeichnet ist. Der Steg 45 des Radsatzes RS4 ist mit einer Welle des Radsatzes RS3 verbunden. An diese Koppelwelle sind die Schaltelemente E und D angeschlossen.

An einem Zentralrad des Radsatzes RS4 sind die Schaltelemente B und C angeschlossen, wobei unter Zentralrad entweder ein Sonnenrad oder ein Hohlrad des Radsatzes zu verstehen ist. An einem Zentralrad des Radsatzes RS3 ist das Schaltelement A angeschlossen.

Entweder bildet die mit dem Schaltelement A verbundene Welle mit dem Zentralrad des Radsatzes RS4, welches nicht mit den Schaltelementen B und C verbunden ist, die zweite Koppelwelle (Fig. 4A, Fig. 5A), oder die zweite Koppel-

welle ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden (Fig. 1A, Fig. 2A, Fig. 3A).

Für die Drehzahlen an den Wellen und Schaltelementen gilt folgendes:

1. Die Drehzahl an der Antriebswelle und am Schaltelement E ist  $n = 1$  (als normierte Größe);
2. die Drehzahl am Schaltelement D ist größer/gleich 0;
3. die Drehzahl am Schaltelement D ist kleiner/gleich als die Drehzahl an dem Schaltelement B;
4. die Drehzahl am Schaltelement C ist kleiner als die Drehzahl an dem Schaltelement B;
5. die Drehzahl am Schaltelement B ist kleiner/gleich 1;
6. die Drehzahl am Schaltelement A liegt im Bereich 0 bis 1;
7. maximal zwei in den Nachschalttradsatz NS führende Wellen haben dieselbe Drehzahl;
8. die über die Schaltelemente A und D auf den Radsatz RS3 eingeleiteten Drehzahlen in Verbindung mit der Übersetzung des Radsatzes RS3 erzeugen eine Abtriebsdrehzahl, welche größer ist als die Abtriebsdrehzahl, die durch die über die Schaltelemente C und D auf den Radsatz RS4 eingeleiteten Drehzahlen in Verbindung mit der Übersetzung des Radsatzes RS4 und im Fall, daß die mit dem Schaltelement A verbundene Welle eine Koppelwelle mit einem Zentralrad des Radsatzes RS4 des schaltbaren Nachschalttradsatzes NS bildet, zusätzlich mit der Übersetzung des Radsatzes RS3, erzeugt wird.

Fig. 1A zeigt eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschalttradsätzen. Hierbei ist die Antriebswelle 1 mit den Sonnenrädern 11 und 21 der Vorschalttradsätze RS1 und RS2 verbunden. Das Hohlrad 13 des ersten Vorschalttradsatzes RS1 ist festgesetzt. Die Stege 15 und 25 der beiden Vorschalttradsätze RS1 und RS2 sind miteinander verbunden. Das Hohlrad 23 (Drehzahl  $n_2$ ) des zweiten Vorschalttradsatzes RS2 ist über die Kupplung D mit dem Hohlrad 33 des ersten Nachschalttradsatzes RS3 und dem Steg 45 des zweiten Nachschalttradsatzes RS4 verbindbar. Weiterhin sind die Stege 15 und 25 (Drehzahl  $n_1$ ) über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des ersten Nachschalttradsatzes RS3, sowie über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 des zweiten Nachschalttradsatzes RS4 verbindbar. Die Antriebswelle 1 ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 und über die Kupplung E mit dem Steg 45 verbindbar. Im Nachschaltgetriebe NS ist der Steg 35 des Radsatzes RS3 mit dem Hohlrad 43 des Radsatzes RS4 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden. Außerdem ist das Hohlrad 33 des Radsatzes RS3 mit dem Steg 45 des Radsatzes RS4 verbunden.

Durch die Ansteuerung des Nachschalttradsatzes NS bzw. der Radsätze RS3 und RS4 desselben mit den Drehzahlen  $n$ ,  $n_1$  und  $n_2$  durch selektives Schalten der fünf Schaltelemente A bis E können gemäß der Schaltskizze der Fig. 1b die Vorwärtsgänge 1 bis 7 und der Rückwärtsgang R geschaltet werden. Dabei ist es ein wesentlicher Vorteil, dass beim Umschalten von einem Gang in den nächsten Gang lediglich ein Schaltelement ab- und ein Schaltelement zugeschaltet werden muß. Auf diese Weise können schaltqualitätskritische Schaltungen mit einer gleichzeitigen Zuschaltung von mehreren Schaltelementen (Gruppenschaltung) vermieden werden.

Vorteilhaft bei der Ausführungsform 1 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist insbesondere die große Spreizung (größer 9), bei ähnlich günstiger Gangabstufung

wie das eingangs als Stand der Technik beschriebene 6-Gang-Automatgetriebe. Somit kann im Anwendungsbeispiel PKW beispielsweise der üblicherweise eingesetzten Drehmomentwandler als Anfahrlelement durch eine hydraulische Kupplung und/oder eine im Getriebe integrierte Lamellenkupplung ersetzt werden, ohne dabei auf eine hohe Anfahrleistung zu verzichten. Eine mögliche Ausgestaltung ist in der Fig. 1A beispielhaft dargestellt. Hieraus ergeben sich die Vorteile geringeres Gewicht, günstige Einbaumessungen für den Fahrzeugtunnelbereich mit reduzierter Baulänge, sowie verringerte Kosten.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit der Fig. 2A eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Einzelheiten der Fig. 2A, die bereits im Zusammenhang mit der Fig. 1A erläutert wurden, sind in der entsprechenden Weise bezeichnet.

Die Ausführungsform 2A weist im Gegensatz zur Ausführungsform 1a als fünftes Schaltelement anstelle einer Kupplung eine im allgemeinen einfacher ansteuerbare Bremse auf.

Bei der Ausführungsform der Fig. 2A sind beide Sonnenräder 11 und 21 mit der Antriebswelle 1 verbunden. Über die Kupplung A ist die Antriebswelle 1 mit dem Sonnenrad 31 und über die Kupplung E mit dem Steg 45 verbindbar. Der Steg 15 (Drehzahl  $n_1$ ) ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Hohlrad 13 ist mit dem Steg 25 verbunden, wobei der Steg 25 fest mit dem Gehäuse verbunden ist. Das Hohlrad 23 (Drehzahl  $n_2$ ) ist über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Der Steg 45 ist über die Bremse D mit dem Gehäuse verbindbar. Das Hohlrad 33 ist mit dem Steg 45 verbunden. Das Hohlrad 43 ist mit dem Steg 35 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Das Getriebe der Fig. 2A läßt sich anhand der in der Fig. 2b dargestellten Schließzustände der fünf Schaltelemente A bis E in sieben Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgang schalten.

Vorteilhaft bei der Ausführungsform 2 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist insbesondere die Overdrive-Charakteristik der beiden oberen Gänge hinsichtlich Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und Fahrgeräusch. Weiterhin vorteilhaft ist die konstruktiv einfache Gestaltungsmöglichkeit der Bremse D anstelle einer Kupplung, beispielsweise hinsichtlich der Druckölzuführung zur Betätigung.

Die Fig. 3A zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltwheelsätzen. Vorschaltwheelsatz VS und Nachschaltwheelsatz NS sind hierbei als Ravigneaux-Radsatz ausgebildet. Die Antriebswelle 1 ist mit dem Sonnenrad 11 des Radsatzes RS1 verbunden, über die Kupplung E mit den Stegen 35', 35" der inneren und äußeren Planetenrädern 32', 32" des Radsatzes RS2 und mit dem Steg 45 des Radsatzes RS4 verbindbar. Weiterhin ist die Antriebswelle 1 über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des Radsatzes RS3 verbindbar. Die miteinander verbundenen Stege 15, 25' und 25" (Drehzahl  $n_1$ ) der Radsätze RS1 und RS2 sind über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Die Planetenräder 12 des Radsatzes RS1 und die äußeren Planetenräder 22" des Radsatzes RS2 sind miteinander gekoppelt. Das Sonnenrad 21 (Drehzahl  $n_2$ ) des Radsatzes RS2 ist über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Das Hohlrad 13 des Radsatzes RS1 ist festgesetzt. Über die Bremse D sind die Stege 35', 35" und 45 festsetzbar. Die Planetenräder 42 des Radsatzes RS4 und die äußeren Planetenräder 32" des Radsatzes RS3 sind miteinander gekoppelt. Die Abtriebswelle 2 ist fest mit den miteinander verbundenen Hohlrädern 33 und 43 verbunden.

Mit der Anordnung der Fig. 3A lassen sich mit der in der

Fig. 3B tabellarisch aufgeführten Kupplungslogik sieben Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgang schalten.

Vorteilhaft bei der Ausführungsform 3 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist insbesondere die kostengünstige Gestaltung der vier Planetenradsätze mit nur zwei Hohlrädern. Weiterhin kann die Overdrive-Charakteristik des beiden oberen Gänge vorteilhaft zur Kraftstoffersparung und zur Verringerung der Geräuschemission genutzt werden.

Fig. 4A zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltwheelsätzen. Hierbei werden die zusätzlichen Drehzahlen  $n_1$  und  $n_2$  durch die Vorschaltwheelsätze RS1 und RS2 erzeugt, wobei die Stege 15 und 25 der Planetenräder 12 und 22 dieser Radsätze miteinander verbunden sind. Die Antriebswelle 1 ist mit den Hohlrädern 13 und 23 der Radsätze RS1 und RS2 verbunden und über die Kupplung E mit dem Hohlrad 33 des dritten Radsatzes RS3 verbindbar sowie über die Kupplung B mit dem Hohlrad 43 des vierten Radsatzes RS4 verbindbar. Das Sonnenrad 11 des ersten Radsatzes RS1 ist am Gehäuse festgelegt. Das Sonnenrad 21 (Drehzahl  $n_2$ ) des zweiten Radsatzes RS2 ist über die Kupplung D mit dem Steg 45 des Radsatzes RS4 verbindbar, wobei der Steg 45 mit dem Hohlrad 33 des Radsatzes RS3 verbunden ist. Die Stege 15 und 25 (Drehzahl  $n_1$ ) der Planetenräder 12 und 22 der Radsätze RS1 und RS2 sind über die Kupplung C mit dem Hohlrad 43 des Radsatzes RS4 verbindbar. Die Sonnenräder 31 und 41 der Radsätze RS3 und RS4 sind gemeinsam mit einer Bremse A blockierbar. Der Steg 35 des Radsatzes RS3 ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit der Anordnung der Fig. 4A lassen sich die in der Fig. 4B tabellarisch aufgeführten sieben Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgang durch Schließen der fünf Schaltelemente A bis E erreichen.

Die Ausführungsform 4 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist insbesondere für Offroad-Fahrzeuge besonders vorteilhaft, da hier insbesondere aufgrund der in Fig. 4B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze ein Kriechgang mit hoher Übersetzung (i<sub>1</sub> Gang > 8) verfügbar ist, bei gleichzeitig günstiger Getriebeübersetzung im oberen Fahrgeschwindigkeitsbereich. Weiterhin wirkt sich die Verwendung eines Stufenplaneten bei gleichzeitigem Entfall eines vierten Hohlrades in der Herstellung kostengünstig aus.

Bei der Ausführungsform der Fig. 5A des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltwheelsätzen ist das Hohlrad 13 festgesetzt. Der Steg 15 (Drehzahl  $n_1$ ) ist mit dem Steg 25 verbunden und über die Kupplung B mit dem Hohlrad 43 verbindbar. Das Hohlrad 23 (Drehzahl  $n_2$ ) ist über die Kupplung D mit dem Steg 45 und dem damit verbundenen Hohlrad 33 verbindbar. Die Antriebswelle 1 ist mit den Sonnenrädern 11 und 21 verbunden und über die Kupplung A mit den Sonnenrädern 41 und 31 verbindbar und über die Kupplung E mit dem Stegteil 45 und dem Hohlrad 33 verbindbar. Bei geschlossener Bremse C und bei geöffneter Kupplung B ist das Hohlrad 43 auf die Drehzahl 0 einstellbar. Der Steg 35 ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Die genauen Schließzustände der fünf Schaltelemente A bis E sind für die einzelnen Vorwärtsgänge 1 bis 7 und für den Rückwärtsgang R aus der Fig. 5B ersichtlich.

Die Ausführungsform 5 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist ähnlich wie die Ausführungsform 4 insbesondere für Offroad-Fahrzeuge besonders vorteilhaft, da hier insbesondere aufgrund der in Fig. 5B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze ein extremer Kriechgang mit sehr hoher Übersetzung (i<sub>1</sub> Gang = 10) schaltbar ist.

Bedingt durch den großen Gangsprung vom 1. Gang (Kriechgang) in den 2. Gang kann es vorteilhaft sein, diesen Kriechgang als speziellen manuell durch den Fahrer schaltbaren Gang auszubilden. Durch die insgesamt sehr große Spreizung von 15 steht im normalen Fahrbetrieb eine günstige Getriebeabstufung zur Verfügung. Die Overdrive-Charakteristik der beiden oberen Gänge wirkt sich reduzierend aus auf Kraftstoffverbrauch und Fahrgeräusch.

Die Ausführungsform der Fig. 6A zeigt ein erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltzradsätzen, bei dem mit sechs Schaltelementen zehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgang schaltbar sind. An der Welle mit den Kupplungen B und C des schaltbaren Nachschaltgetriebes ist eine zusätzliche Kupplung F vorgesehen. Es gilt:  $n_C < n_F < n_B$ .

Dabei ist die Antriebswelle 1 (Drehzahl  $n$ ) mit dem Hohlrad 13 und dem Hohlrad 23 verbunden sowie über das Schaltelement E mit den aneinander gekoppelten Stegen 45 des Radsatzes RS4, 35" der äußeren Planetenräder 32" und 35" der inneren Planetenräder 32' des Radsatzes RS3 verbindbar. Die Planetenräder 32 und 42 sind aneinander gekoppelt. Der Steg 25 ist mit dem Steg 15 verbunden (Drehzahl  $n_1$ ) und über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Sonnenrad 41 ist durch Betätigen der Bremse C blockierbar bzw. mit dem Gehäuse verbindbar. Die Stege 15 und 25 (Drehzahl  $n_1$ ) sind über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 verbindbar. Das Sonnenrad 21 (Drehzahl  $n_2$ ) ist über die Kupplung D mit dem Steg 35' der inneren Planetenräder 32' des Radsatzes RS3 und über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Die Hohlräder 33 und 43 sind miteinander und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit diesem Mehrstufengetriebe lassen sich durch Schließen der Schaltelemente A bis F in Verbindung mit den in Fig. 6B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze die in der Fig. 6B tabellarisch dargestellten zehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgang schalten. Durch das zusätzliche Schaltelement stehen gegenüber den bisherigen Ausführungsformen 1 bis 5 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit sieben Vorwärtsgängen somit drei weitere Vorwärtsgänge zur Verfügung. Vorteilhafterweise kann die Gangabstufung eng ausgelegt werden und ist damit beispielsweise für ein Fahrzeug mit Dieselmotor günstig.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit den Fig. 7A und 7B ein erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltzradsätzen beschrieben, bei dem mit sechs Schaltelementen A bis F neun Vorwärtsgänge und zwei Rückwärtsgänge schaltbar sind.

Die Antriebswelle 1 ist mit dem Hohlrad 13 des Vorschaltzradsatzes RS1 und dem damit verbundenen Hohlrad 23 des Vorschaltzradsatzes RS2 verbunden, sowie über die Kupplung E mit dem Steg 45 und über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Der Steg 25 der Planetenräder 22 ist mit dem Steg 15 (Drehzahl  $n_1$ ) verbunden sowie über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 verbindbar. Ferner sind der Steg 25 und der Steg 15 über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Sonnenrad 21 (Drehzahl  $n_2$ ) ist über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 verbindbar und über die Kupplung D mit dem Steg 45 verbindbar, der mit dem Hohlrad 33 verbunden ist. Das Hohlrad 43 ist mit dem Steg 35 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit dieser beschriebenen Ausführungsform 7 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes lassen sich durch selektives Schließen der Schaltelemente A bis F in der in Fig. 7B tabellarisch dargestellten Weise in Verbindung mit den in Fig. 7B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze neun Vorwärtsgänge mit enger Gangstufung und vorteilhaft-

terweise zwei Rückwärtsgänge schalten. Ein spezieller Rückwärtsgang mit gegenüber dem "normalen" Rückwärtsgang reduzierte Anfahrübersetzung kann beispielsweise in ein Winterfahrprogramm des Automatgetriebes einbezogen werden.

Die Ausführungsform der Fig. 8A zeigt ein erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltzradsätzen, wobei zur Betätigung dieses Getriebes insgesamt sechs Schaltelemente A bis F vorgesehen sind zum Schalten von neun Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang.

Im Vergleich zu dem Mehrstufengetriebe der Fig. 6A, welches mit fünf Kupplungen und einer Bremse ausgestattet ist, weist das Mehrstufengetriebe der Fig. 8A vier Kupplungen und zwei Bremsen auf, wodurch sich die Zahl der Vorwärtsgänge im Vergleich zu Fig. 6A um einen Gang reduziert.

Während es sich bei dem Radsatz RS2 um ein Minus-Getriebe handelt, handelt es sich bei dem Radsatz RS1 um ein Plus-Getriebe. Die Antriebswelle 1 ist mit dem Sonnenrad 21 sowie dem Steg 15" der äußeren Planetenräder 22" des Radsatzes RS1 verbunden und über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 sowie über die Kupplung E mit dem Steg 45 verbindbar. Der Steg 25 ist einerseits mit dem Gehäuse des Getriebes und andererseits mit dem Sonnenrad 11 des Radsatzes RS1 verbunden. Der Steg 15' der inneren Planetenräder 12' ist mit dem Steg 15" der äußeren Planetenräder 12" des Radsatzes RS1 verbunden. Das Hohlrad 13 des Radsatzes RS1 (Drehzahl  $n_1$ ) ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Hohlrad 23 (Drehzahl  $n_2$ ) ist über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Sonnenrad 41 ist durch Betätigen der Bremse F mit dem Gehäuse verbindbar. Der Steg 45 ist durch Betätigen der Bremse D mit dem Gehäuse verbindbar. Außerdem ist der Steg 45 mit dem Hohlrad 33 verbunden. Das Hohlrad 43 ist mit dem Steg 35 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Die Kupplungslogik für die sechs Schaltelemente A bis F zum Schalten der neun Vorwärtsgänge und des Rückwärtsgangs dieses Mehrstufengetriebes nach Fig. 8A ist in der Fig. 8b tabellarisch dargestellt.

In vorteilhafter Weise sind bei der Ausführungsform 8 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes zwei Schaltelemente als Bremsen ausgebildet, wodurch sich gegenüber Kupplungen Vorteile in der konstruktiven Ausgestaltung ergeben, beispielsweise durch eine einfache Verlegung der Druckölkanäle im Getriebegehäuse. Besonders vorteilhaft ist auch die sehr harmonische Gangstufung der neun Vorwärtsgänge mit annähernd stetigen, zu den oberen Gängen hin langsam fallenden Gangsprüngen.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit den Fig. 9A und 9B ein weiteres erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe erläutert, bei dem mit insgesamt sechs Schaltelementen A bis F acht Vorwärtsgänge und zwei Rückwärtsgänge schaltbar sind.

Die Besonderheit dieses Getriebes ist, daß nur ein nicht schaltbarer Vorschaltzradsatz RS1 anstelle der bisher beschriebenen jeweils zwei Vorschaltzradsätze vorhanden ist. Die Antriebswelle 1 (Drehzahl  $n$ ) ist mit dem Sonnenrad 11 des Radsatzes RS1 (Plus-Getriebe) verbunden und über die Kupplung E mit dem Steg 45 verbindbar sowie über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Der Steg 15' der inneren Planetenräder 12' des Radsatzes RS1 und der Steg 15" der äußeren Planetenräder 12" des Radsatzes RS1 sind miteinander verbunden und am Gehäuse festgesetzt. Darüber hinaus sind der Steg 15' und der Steg 15" über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Hohlrad 13 (Drehzahl  $n_1$ ) ist über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 verbindbar und über die Kupplung A mit dem

Sonnenrad 31 verbindbar. Das Hohlrad 43 ist mit dem Hohlrad 33 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden. Die Stege 45 (der Planetenräder 42), 35' (der inneren Planetenräder 32') und 35" (der äußeren Planetenräder 32") sind miteinander verbunden und durch die Bremse D blockierbar. Die Planetenräder 32" und 42 sind dabei miteinander gekoppelt.

Die Kupplungslogik dieses Mehrstufengetriebes zum Schalten von acht Vorwärtsgängen und zwei Rückwärtsgängen durch Schließen der Schaltelemente A bis F ist in Fig. 9B dargestellt.

Vorteilhaft bei der Ausführungsform 9 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes ist neben der Gangzahl insbesondere die bauraumsparende und kostengünstige Bauweise, da nur drei Planetenradsätze mit insgesamt nur zwei Hohlradern vorgesehen sind. Die Gangabstufung ist harmonisch, wobei neben dem "normalen" auch ein "schneller" Rückwärtsgang geschaltet werden kann, ähnlich der Ausführungsform 7.

Die Fig. 10A zeigt ein Mehrstufengetriebe mit drei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschaltadsätzen RS1, RS2a und RS2b, bei dem mit sieben Schaltelementen A bis 6 insgesamt dreizehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgänge schaltbar sind. An der Welle mit den Kupplungen B, C und F wird eine zusätzliche Kupplung G vorgesehen.

Es gilt:  $n_F < n_G < n_B$ . Die Eingangsdrehzahlen werden durch ein nicht schaltbares Dreisteg-Fünfwellen-Getriebe erzeugt.

Die Antriebswelle 1 (Drehzahl  $n$ ) ist mit dem Sonnenrad 11 des ersten Vorschaltadsatzes RS1 verbunden und über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des ersten Nachschaltadsatzes RS3 und dem damit verbundenen Sonnenrad 41 des zweiten Nachschaltadsatzes RS4 sowie über die Kupplung E mit dem Steg 45 des zweiten Nachschaltadsatzes RS4 verbindbar.

Der bei den bisher erläuterten Getrieben vorgesehene Radsatz RS2 wird hier durch die Radsätze RS2a und RS2b gebildet, wobei die Stege 25a und 25b' der Planetenräder 22a des Radsatzes RS2a und der äußeren Planetenräder 22b" des als Plus-Getriebe ausgebildeten Radsatzes RS2b miteinander gekoppelt sind. Die Planetenräder 22a und 22b" sind dabei miteinander gekoppelt. Der Steg 15 ist mit den Stegen 25B' der inneren Planetenräder 22b' und dem Steg 25b" der äußeren Planetenräder 22b" verbunden. Außerdem ist der Steg 25b" über die Kupplung G mit dem Hohlrad 43 verbindbar (Drehzahl  $n_{2a}$ ). Das Hohlrad 43 ist durch die Bremse C blockierbar. Das Sonnenrad 21a des Radsatzes RS2a (Drehzahl  $n_1$ ) ist über die Kupplung B mit dem Hohlrad 43 verbindbar. Das Hohlrad 23a des Radsatzes RS2a und das Hohlrad 23b des Radsatzes RS2b sind miteinander verbunden (Drehzahl  $n_{2b}$ ) und sind über die Kupplung F mit dem Hohlrad 43 und über die Kupplung D mit dem Steg 45 und dem damit verbundenen Hohlrad 33 verbindbar. Der Steg 35 ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden. Schließlich sind das Sonnenrad 21b des Radsatzes RS2b und das Hohlrad 13 des Radsatzes RS1 mit dem Gehäuse verbunden.

Mit diesem beschriebenen Mehrstufengetriebe lassen sich durch selektives Schließen der sieben Schaltelemente A bis G in Verbindung mit den in Fig. 10B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze die in der Fig. 10B tabellarisch dargestellten dreizehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgang schalten.

Die Vorteile dieser Ausführungsform 10 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes liegen somit in der hohen Gangzahl bei einem sehr kompakten Getriebeaufbau mit nur fünf Planetenradsätzen und sieben Schaltelementen. Durch geeignete Wahl der Übersetzungen der Radsätze kann aus der Ausführungsform 10 auch ein Mehrstufengetriebe mit zwei Rückwärtsgängen abgeleitet werden, dann allerdings

mit nur zwölf Vorwärtsgängen.

Bei der Ausführungsform der Fig. 11A des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes lassen sich mit acht Schaltelementen A bis H insgesamt sechzehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgang schalten.

Die Welle mit den Kupplungen B, C, F und G wird mit einer zusätzlichen Kupplung H ausgestattet.

Es gilt:  $n_G < n_H < n_B$ . Die Eingangsdrehzahlen werden durch ein nicht schaltbares Viersteg-Sechswellen-Getriebe erzeugt.

Der Vorschaltadsatz VS weist insgesamt vier gekoppelte, nicht schaltbare Planetenradsätze auf. Der Vorschaltadsatz RS1 besteht aus einem Radsatz RS1a und einem Radsatz RS1b, wobei die Planetenräder 12a des Radsatzes RS1a und die äußeren Planetenräder 12b" des Radsatzes RS1b miteinander gekoppelt sind und der Steg 15b' der äußeren Planetenräder 12b" mit dem Steg 15b' der inneren Planetenräder 12b' verbunden ist. Der Radsatz RS2 umfaßt zwei Radsätze RS2a und RS2b, wobei die Planetenräder 22a des Radsatzes RS2a und die äußeren Planetenräder 22b" des Radsatzes RS2b miteinander gekoppelt sind.

Die Antriebswelle 1 (Drehzahl  $n$ ) ist mit dem Sonnenrad 11b des Radsatzes RS1b und dem Sonnenrad 21a des Radsatzes RS2a verbunden und über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 und über die Kupplung E mit dem Hohlrad 33 verbindbar. Das Sonnenrad 11a des Radsatzes RS1a ist mit dem Gehäuse verbunden. Die Hohlräder 13a des Radsatzes RS1a und 13b des Radsatzes RS1b sind miteinander verbunden (Drehzahl  $n_{1a}$ ) und über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 des zweiten Nachschaltadsatzes RS4 verbindbar. Das Sonnenrad 41 ist durch die Bremse C blockierbar. Das Sonnenrad 21b des Radsatzes RS2b (Drehzahl  $n_{2b}$ ) ist über die Kupplung D mit dem Hohlrad 33 verbindbar sowie über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Hohlrad 33 ist mit dem Steg 45 verbunden. Die Stege 25b' der inneren Planetenräder 22b' und 25b" der äußeren Planetenräder 22b" des Radsatzes RS2b und der Steg 25a des Radsatzes RS2a sind miteinander verbunden (Drehzahl  $n_{1b}$ ) und über die Kupplung H mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Die gekoppelten Hohlräder 23a und 23b (Drehzahl  $n_{2a}$ ) der Radsätze RS2a und RS2b ist über die Kupplung G ebenfalls mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Das Sonnenrad 43 ist mit dem Steg 35 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit dem beschriebenen Getriebe lassen sich in Verbindung mit den in Fig. 11B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze durch Schließen der acht Schaltelemente A bis H die in der Fig. 11B tabellarisch dargestellten sechzehn Vorwärtsgänge und ein Rückwärtsgang betätigen. Die Vorteile dieser Ausführungsform 11 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes liegen somit in der sehr hohen Gangzahl bei einem kompakten Getriebeaufbau mit vergleichsweise geringen Anzahl von Planetenradsätzen und Schaltelementen. Durch geeignete Wahl der Übersetzungen der Radsätze kann aus der Ausführungsform 11 auch ein Mehrstufengetriebe mit zwei Rückwärtsgängen abgeleitet werden, die Anzahl der Vorwärtsgänge reduziert sich dann allerdings auf fünfzehn.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit der Fig. 12A ein Mehrstufengetriebe erläutert, welches acht Vorwärtsgänge aufweist, die durch fünf Schaltelemente und nur einen Vorschaltadsatz RS1 schaltbar sind, was dadurch erreicht wird, daß die zuvor genannte kinematische Bedingung "Drehzahl am Schaltelement D ist kleiner/gleich als die Drehzahl am Schaltelement B" eingeschränkt wird durch die Bedingung "Drehzahl am Schaltelement D ist gleich Drehzahl am Schaltelement B".

Das Hohlrad 13 des Vorschaltadsatzes RS1 ist fest über eine Achse mit dem Gehäuse des Mehrstufengetriebes ver-

bunden. Die Antriebswelle 1 (Drehzahl n) ist mit dem Sonnenrad 11 des Vorschalttradsatzes RS1 verbunden, über die Kupplung E mit dem Hohlrad 33 des ersten Nachschalttradsatzes RS3 und dem damit verbundenen Steg 45 des zweiten Nachschalttradsatzes RS4 verbindbar sowie über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des Radsatzes RS3 verbindbar. Der Steg 15 (Drehzahl n1) des Radsatzes RS1 ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 und über die Kupplung D mit dem Hohlrad 33 des Radsatzes RS3 verbindbar. Über die Bremse C kann das Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 festgesetzt werden. Das Hohlrad 43 des Radsatzes RS4 und der damit verbundene Steg 35 des Radsatzes RS3 sind mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit dem erläuterten Getriebe lassen sich durch selektives Schließen der Schaltelemente A bis E die in der Fig. 12B dargestellten insgesamt acht Vorwärtsgänge schalten.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit der Fig. 13A eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit acht Vorwärtsgängen erläutert, die durch fünf Schaltelemente schaltbar sind.

Bei diesem Getriebe ist ebenfalls ein einziger Vorschalttradsatz RS1 vorgesehen, der die zur Steuerung der nachgeschalteten Radsätze RS3 und RS4 erforderlichen Drehzahlen erzeugt. Der Vorschalttradsatz RS1 weist neben einem Sonnenrad 11 und einem Hohlrad 13 innere Planetenräder 12' und äußere Planetenräder 12" auf, deren Stege 15' und 15" miteinander verbunden sind.

Die Antriebswelle 1 (Drehzahl n) ist mit dem Sonnenrad 11 des Vorschalttradsatzes RS1 verbunden und über die Kupplung E mit dem Steg 35' der äußeren Planetenräder 32" des ersten Nachschalttradsatzes RS3 verbindbar, sowie über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des Radsatzes RS3 verbindbar. Die Stege 15' und 15" des Radsatzes RS1 sind mit dem Gehäuse des Mehrstufengetriebes verbunden. Über die Bremse C ist das Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 blockierbar. Das Hohlrad 13 (Drehzahl n1) des Radsatzes RS1 ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 und über die Kupplung D mit dem Steg 35' der inneren Planetenräder 32' des Radsatzes RS3 verbindbar. Der Steg 35' ist mit dem Steg 35" der äußeren Planetenräder 32" des Radsatzes RS3 und mit dem Steg 45 des Radsatzes RS4 verbunden. Die Planetenräder 32' und 42 sind dabei miteinander gekoppelt. Die Hohlräder 33 und 43 der Radsätze RS3 und RS4 sind mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit diesem beschriebenen Getriebe lassen sich durch selektives Schließen der Schaltelemente A bis E die in der Fig. 14B dargestellten insgesamt acht Vorwärtsgänge schalten.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit der Fig. 14B eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit acht Vorwärtsgängen erläutert, die durch fünf Schaltelemente schaltbar sind, wobei wiederum nur ein Vorschalttradsatz vorgesehen ist.

Das Sonnenrad 11 des Vorschalttradsatzes RS1 ist fest mit dem Gehäuse des Mehrstufengetriebes verbunden. Die Antriebswelle 1 (Drehzahl n) ist mit dem Hohlrad 13 des Radsatzes RS1 verbunden und über die Kupplung E mit dem Steg 45 des zweiten Nachschalttradsatzes RS4 und dem damit verbundenen Sonnenrad 31 des ersten Nachschalttradsatzes RS3 verbindbar, sowie über die Kupplung A mit dem Hohlrad 33 des Radsatzes RS3 und dem damit verbundenen Hohlrad 43 des Radsatzes RS4 verbindbar. Der Steg 15 (Drehzahl n1) des Radsatzes RS1 ist über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 und über die Kupplung D mit dem Steg 45 des Radsatzes RS4 verbindbar. Über die Bremse C kann das Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 festgesetzt werden. Der Steg 35 des Radsatzes RS3 ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit dem erläuterten Getriebe lassen sich durch selektives Schließen der Schaltelemente A bis E die in der Fig. 14B dargestellten insgesamt acht Vorwärtsgänge schalten.

In vorteilhafter Weise werden mit den Ausführungsformen 12, 13 und 14 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit nur drei Planetenradsätzen und fünf Schaltelementen insgesamt acht Vorwärtsgänge erzielt. Insbesondere wegen des äußerst kompakten Getriebeaufbaus und des Entfalls des Rückwärtsganges eignet sich diese Ausführungsformen 12, 13 und 14 besonders für Motorräder und als Nabenschaltung für Fahrräder. Für die Anwendung im Motorrad ist die Gangstufung der Ausführungsform 12 vorteilhaft, da hier die beiden oberen Gänge eine gemäßigte Overdrive-Charakteristik aufweisen. Für die Anwendung im Fahrrad ist die enge Gangabstufung in den mittleren Gängen in Verbindung mit den zu kleineren Gängen hin größer werdenden Gangsprüngen der Ausführungsformen 13 und 14 besonders vorteilhaft.

Im folgenden wird im Zusammenhang mit der Fig. 15A ein weiteres erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe mit zwei gekoppelten, nicht schaltbaren Vorschalttradsätzen erläutert, mit dessen Hilfe insgesamt elf Vorwärtsgänge durch selektives Betätigen von sechs Schaltelemente A bis F schaltbar sind.

Der zweite Vorschalttradsatz RS2 ist als Plus-Getriebe und der erste Vorschalttradsatz RS1 als Minus-Getriebe ausgebildet, wobei die äußeren Planetenräder 22' des Radsatzes RS2 fest an die Planetenräder 12 des Radsatzes RS1 gekoppelt sind. Die Antriebswelle 1 (Drehzahl n) ist mit dem Sonnenrad 21 des Radsatzes RS2 verbunden, sowie über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 41 und über die Kupplung E mit dem Steg 45 des zweiten Nachschalttradsatzes RS4 verbindbar, wobei der Steg 45 der mit dem Hohlrad 33 des ersten Nachschalttradsatzes RS3 verbunden ist. Der den äußeren Planetenrädern 22' des Radsatzes RS2 und den Planetenrädern 12 des Radsatzes RS1 gemeinsame Steg 15 (Drehzahl n1) ist über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des Radsatzes RS3 verbindbar und über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Außerdem ist der Steg 15 mit den Stegen 25' der äußeren Planetenräder 22' und 25' der inneren Planetenräder 22' des Radsatzes RS2 verbunden. Die gekoppelten Hohlräder 13 und 23 (Drehzahl n2) der Radsätze RS1 und RS2 sind über die Kupplung D mit dem Steg 45 sowie über die Kupplung C mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Der Steg 35 des Radsatzes RS3 ist mit dem Hohlrad 43 des Radsatzes RS4 und mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit diesem Mehrstufengetriebe lassen sich durch selektives Schließen der Schaltelemente A bis F in der in der Fig. 15B dargestellten Weise die elf Vorwärtsgänge schalten.

Schließlich wird im Zusammenhang mit der Fig. 16A ein weiteres erfindungsgemäßes Mehrstufengetriebe beschrieben, bei dem durch acht Schaltelemente siebzehn Vorwärtsgänge schaltbar sind. Ähnlich des Ausführungsbeispiels 11A, sind hier insgesamt vier gekoppelte, nicht schaltbare Vorschalttradsätze vorgesehen. Der Vorschalttradsatz RS1 besteht dabei aus einem Radsatz RS1a und einen Radsatz RS1b, der Vorschalttradsatz RS2 aus einem Radsatz RS2a und einem Radsatz RS2b.

Die Antriebswelle 1 ist mit dem Sonnenrad 11a des ersten Vorschalttradsatzes RS1a (Plus-Getriebe) verbunden und über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 31 des ersten Nachschalttradsatzes RS3 verbindbar, sowie über die Kupplung E mit den Stegen 35' der inneren Planetenräder 32' und 35" der äußeren Planetenräder 32" des Radsatzes RS3 (Plus-Getriebe) verbindbar. Der Steg 15a' der inneren Planetenräder 12a' des Radsatzes RS1a und der Steg 15" der äußeren Planetenräder 12a" des Radsatzes RS1a sind miteinander

verbunden. Der Radsatz RS1b ist als Minus-Getriebe ausgebildet. Hierbei entspricht das Sonnenrad 11b des zweiten Vorschalt-Radsatzes RS1b dem Sonnenrad 21a des dritten Vorschalt-Radsatzes RS2a. Weiterhin entspricht das Hohlrad 13b des zweiten Radsatzes RS1b dem Hohlrad 23b des vierten Vorschalt-Radsatzes RS2b. Die äußeren Planetenräder 12a" des Radsatzes RS1a, die Planetenräder 12b des Radsatzes RS1b, die Planetenräder 22a des Radsatzes RS2a und die Planetenräder 22b des Radsatzes RS2b sind als Stufenplanet aneinandergeschaltet. Ihnen ist der Steg 15a" gemeinsam zugeordnet. Der Steg 15a" (Drehzahl n1b) ist über die Kupplung G mit dem Sonnenrad 41 des zweiten Nachschalt-Radsatzes RS4 (Minus-Getriebe) sowie über die Kupplung D mit dem Steg 35' der inneren Planetenräder 32' des ersten Nachschalt-Radsatzes RS3 verbindbar. Der Radsatz RS3 ist als Plus-Getriebe ausgebildet. Die äußeren Planetenräder 32" des Radsatzes RS3 sind an die Planetenräder 42 des Radsatzes RS4 gekoppelt. Der Steg 35' der inneren Planetenräder 32' ist mit dem Steg 35" der äußeren Planetenräder 32" des Radsatzes RS3 verbunden. Das Sonnenrad 11b des Radsatzes RS1b ist mit dem Gehäuse verbunden. Das Sonnenrad 21b des Radsatzes RS2b (Drehzahl n2b) ist über die Kupplung F mit dem Sonnenrad 41 verbindbar, welches über die Bremse C ebenfalls mit dem Gehäuse verbindbar ist. Die Hohlräder 13a des Radsatzes RS1a und 13b des Radsatzes RS1b sind miteinander verbunden und über die Kupplung B (Drehzahl n1a) mit dem Sonnenrad 41 verbindbar. Der Steg 35" (und damit auch Steg 35') ist mit dem Steg 45 verbunden. Das Hohlrad 23a des Radsatzes RS2a (Drehzahl n2a) ist über die Kupplung H mit dem Sonnenrad 41 des Radsatzes RS4 verbindbar. Schließlich sind die Hohlräder 33 und 43 mit der Abtriebswelle 2 verbunden.

Mit diesem Mehrstufengetriebe lassen sich in Verbindung mit den in Fig. 16B aufgeführten Standübersetzungen der Radsätze durch selektives Schliessen der acht Schaltelemente A bis H in der in Fig. 16B dargestellten Weise insgesamt sieben Vorwärtsgänge schalten.

Ähnlich den Ausführungsformen 12, 13 und 14 eignen sich die beschriebenen Ausführungsformen 15 und 16 des erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes für Motorräder und insbesondere als Nabenschaltung für Fahrräder, mit einer entsprechend hohen Gangzahl.

#### Bezugszeichen

VS Vorschalt-Planetenradsatz  
 RS1 erster Vorschalt-Planetenradsatz, erster Planetenradsatz  
 RS1a erster Vorschalt-Planetenradsatz  
 RS1b zweiter Vorschalt-Planetenradsatz  
 RS2 zweiter Vorschalt-Planetenradsatz, zweiter Planetenradsatz  
 RS2a dritter Vorschalt-Planetenradsatz  
 RS2b vierter Vorschalt-Planetenradsatz  
 NS Nachschalt-Planetenradsatz  
 RS3 erster Nachschalt-Planetenradsatz, dritter Planetenradsatz  
 RS4 zweiter Nachschalt-Planetenradsatz, vierter Planetenradsatz  
 A-H erstes bis achttes Schaltelement (Kupplung oder 60 Bremse)  
 n Eingangsdrehzahl der Abtriebswelle  
 n1 Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS1  
 n1a Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS2a  
 n1b Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS1b  
 n2 Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS2  
 n2a Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS2a  
 n2b Ausgangsdrehzahl des Planetenradsatzes RS2b

1 Abtriebswelle  
 2 Abtriebswelle  
 11 Sonnenrad des Radsatzes RS1  
 11a Sonnenrad des Radsatzes RS1a  
 11b Sonnenrad des Radsatzes RS1b  
 12 Planetenrad des Radsatzes RS1  
 12' inneres Planetenrad des Radsatzes RS1  
 12" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS1  
 12a Planetenrad des Radsatzes RS1a  
 12a' inneres Planetenrad des Radsatzes RS1a  
 12a" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS1a  
 12b Planetenrad des Radsatzes RS1b  
 12b' inneres Planetenrad des Radsatzes RS1b  
 12b" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS1b  
 13 Hohlrad des Radsatzes RS1  
 13a Hohlrad des Radsatzes RS1a  
 13b Hohlrad des Radsatzes RS1b  
 15 Steg des Radsatzes RS1  
 15' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS1  
 15" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS1  
 15a Steg des Radsatzes RS1a  
 15a' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS1a  
 15a" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS1a  
 15b Steg des Radsatzes RS1b  
 15b' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS1b  
 15b" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS1b  
 21 Sonnenrad des Radsatzes RS2  
 21a Sonnenrad des Radsatzes RS2a  
 21b Sonnenrad des Radsatzes RS2b  
 22 Planetenrad des Radsatzes RS2  
 22' inneres Planetenrad des Radsatzes RS2  
 22" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS2  
 22a Planetenrad des Planetenradsatzes RS2a  
 22b Planetenrad des Radsatzes RS2b  
 22b' inneres Planetenrad des Radsatzes RS2b  
 22b" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS2b  
 23 Hohlrad des Radsatzes RS2  
 23a Hohlrad des Radsatzes RS2a  
 23b Hohlrad des Radsatzes RS2b  
 25 Steg des Radsatzes RS2  
 25' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS2  
 25" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS2  
 25a Steg des Radsatzes RS2a  
 25b Steg des Radsatzes RS2b  
 25b' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS2b  
 25b" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS2b  
 31 Sonnenrad des Planetenradsatzes RS3  
 32 Planetenrad des Radsatzes RS3  
 32' inneres Planetenrad des Radsatzes RS3  
 32" äußeres Planetenrad des Radsatzes RS3  
 33 Hohlrad des Radsatzes RS3  
 35 Steg des Radsatzes RS3  
 35' Steg der inneren Planetenräder des Radsatzes RS3  
 35" Steg der äußeren Planetenräder des Radsatzes RS3  
 41 Sonnenrad des Radsatzes RS4  
 42 Planetenrad des Radsatzes RS4  
 43 Hohlrad des Radsatzes RS4  
 45 Steg des Radsatzes RS4

#### Patentansprüche

1. Mehrstufengetriebe, mit einer Abtriebswelle (1), die mit einem Vorschalt-Radsatz (VS) verbunden ist, mit einer Abtriebswelle (2), die mit einem aus zwei schaltbaren, gekoppelten Planetenradsätzen (RS3, RS4) bestehenden Nachschalt-Radsatz (NS) verbunden ist, und mit Schaltelementen (A bis H), wobei durch wahlweises Schalten der Schaltelemente (A bis H) die Drehzahl der



Antriebswelle (1) und die Drehzahl des Vorschaltzradsatzes (VS) selektiv auf den Nachschaltzradsatz (NS) zur Schaltung von Gängen übertragbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorschaltzradsatz (VS) aus zwei nicht schaltbaren, gekoppelten Planetenradsätzen (RS1, RS2) gebildet wird, wobei die beiden Planetenradsätze (RS1, RS2) ausgangsseitig zwei Drehzahlen ( $n_1$ ,  $n_2$ ) erzeugen, die neben der Eingangsrehzahl ( $n$ ) der Antriebswelle (1) wahlweise auf mindestens einen der zwei auf die Abtriebswelle (2) wirkenden schaltbaren Planetenradsätze (RS3, RS4) des Nachschaltzradsatzes (NS) durch selektives Schließen der Schaltelemente (A bis F) derart schaltbar sind, daß zum Umschalten von einem Gang in den nächstfolgenden höheren oder niedrigeren Gang von den beiden gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet wird, und daß mindestens sieben Vorwärtsgänge gebildet werden.

2. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Vorwärtsgänge mindestens um Zwei größer ist als die Anzahl der Schaltelemente (A bis F).

3. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorschaltzradsatz (VS) ein erster Planetenradsatz (RS1) und ein zweiter Planetenradsatz (RS2) vorgesehen sind, die ein nicht schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe bilden, wobei mindestens eine Welle mit der Eingangsrehzahl ( $n$ ) der Antriebswelle (1) läuft und eine weitere Welle festgesetzt ist, und daß der schaltbare Nachschaltzradsatz (NS) ein schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ist, das einen dritten Planetenradsatz (RS3) und einen vierten Planetenradsatz (RS4) umfaßt.

4. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) auf der Antriebswelle (1) angeordnet sind, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist und daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß der Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist (Fig. 1A).

5. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und dem Hohlrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß der Steg (25) der Pla-

netenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) festgesetzt ist und mit dem Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß der Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und das hiermit verbundene Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) durch viertes Schaltelement (D) festsetzbar sind, daß das Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) durch ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) durch ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und daß das Hohlrad (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 2A).

6. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (25") der äußeren Planetenräder (22") und dem Steg (25') der inneren Planetenräder (22') des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß die Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit den äußeren Planetenrädern (22") des zweiten Planetenradsatzes (RS2) gekoppelt sind, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß der Steg (35") der äußeren Planetenräder (32") des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (35') der inneren Planetenräder (32') des dritten Planetenradsatzes (RS3) und mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß beide Stege (35', 35") des dritten Planetenradsatzes (RS3) und der damit verbundene Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) durch ein viertes Schaltelement (D) festsetzbar sind, daß die Antriebswelle (1) durch ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) durch ein fünftes Schaltelement (E) mit den Stegen (35', 35") des dritten Planetenradsatzes (RS3) und dem damit verbundenen Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit den äußeren Planetenrädern (32") des dritten Planetenradsatzes (RS3) gekoppelt sind, daß das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) durch ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und die beiden damit verbundenen Stege (25', 25") des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und daß das Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und das daran gekoppelte Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit der Abtriebswelle (1) verbunden sind (Fig. 3A).

7. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) an die Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) gekoppelt sind, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und der Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) miteinander verbunden sind, daß die Antriebswelle (1) mit dem Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und dem Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) der Sonnenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und der damit verbundene Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß der Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist und daß das Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) miteinander verbunden sind und über ein erstes Schaltelement (A) festsetzbar sind (Fig. 4A).

8. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Hohlrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und dem damit verbundenen Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und dem damit verbundenen Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und der damit verbundene Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) durch ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, und daß der Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 5A).

9. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, da-

durch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (35) der inneren Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß der Steg (35) der inneren Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (35) der äußeren Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß die äußeren Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) an die Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) gekoppelt sind, daß der Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (35) und dem Steg (35) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und der Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar sind, daß das Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) über ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, daß das Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) mit dem Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 6A).

10. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, der mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und der Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar sind und über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar sind, daß das Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) und dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist und daß

das Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 7A).

11. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) und mit dem Steg (15') der inneren Planetenräder (12') des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß der Steg (15') der inneren Planetenräder (12') des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Steg (15'') der äußeren Planetenräder (12'') des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß der Steg (25) der Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) festgesetzt und mit dem Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist und über ein viertes Schaltelement (D) festsetzbar ist, daß das Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) über ein sechstes Schaltelement (F) festsetzbar ist, und daß das Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Steg (35) der Planetenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 8A).

12. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist, daß die äußeren Planetenräder (22'') des zweiten Planetenradsatzes (RS2) mit den Planetenrädern (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) gekoppelt sind, daß das Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß die Antriebswelle (1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, der mit dem Hohlrad (33) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß der den äußeren Planetenrädern (22'') des zweiten Planetenradsatzes (RS2) und den Planetenrädern (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) gemeinsame Steg (15) mit dem Steg (25') der inneren Planetenräder (22') des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist und über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) mit dem Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist und über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des vierten Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der den äußeren Planetenrädern (22'') des zweiten Planetenradsatzes (RS2) und den Planetenrädern (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) gemeinsame

Steg (15) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des dritten Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, und daß das Hohlrad (43) des vierten Planetenradsatzes (RS4) mit dem Steg (35) der Sonnenräder (32) des dritten Planetenradsatzes (RS3) und der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 15A).

13. Mehrstufengetriebe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorschalt-Planetsatz (VS) aus einem nicht schaltbaren Planetenradsatz (RS1) gebildet wird, der ausgangseitig eine Drehzahl ( $n_1$ ) erzeugt, die neben der Eingangsrehzahl ( $n$ ) der Antriebswelle wahlweise auf mindestens einen der zwei auf die Abtriebswelle (2) wirkenden, schaltbaren Planetenradsätze (RS3, RS4) des Nachschalt-Planetsatzes (NS) durch selektives Schließen der Schaltelemente (A bis F) derart schaltbar ist, daß zum Umschalten von einem Gang in den jeweils folgenden höheren oder niedrigeren Gang von den beiden gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet wird, wobei mindestens sieben Vorwärtsgänge gebildet werden und die Anzahl der Vorwärtsgänge um mindestens Zwei größer ist als die Anzahl der Schaltelemente.

14. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Sonnenrad (11) des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) mit der Antriebswelle (1) verbunden ist, daß der Steg (15') der inneren Planetenräder (12') des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) festgesetzt ist und mit dem Steg (15'') der äußeren Planetenräder (12'') des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) verbindbar ist, wobei der Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) mit dem Steg (35') der inneren Planetenräder (32') des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS3) und mit dem Steg (35'') der äußeren Planetenräder (32'') des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS3) verbunden ist und über ein viertes Schaltelement (D) festsetzbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (15') der inneren Planetenräder (12') und der Steg (15'') der äußeren Planetenräder (12'') des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) über ein drittes Schaltelement (C) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (13) des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetsatzes (RS3) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist, und daß die äußeren Planetenräder (32'') des ersten Nachschalt-Planetsatzes (RS3) und die Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetsatzes (RS4) miteinander gekoppelt sind (Fig. 9A).

15. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Sonnenrad (11) des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) mit der Antriebswelle (1) verbunden ist, daß das Hohlrad (13) des Vorschalt-Planetsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem

Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß der Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) und das Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) durch ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (15) der Planetenräder (12) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) verbindbar sind, daß das Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) über ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, daß der Steg (15) der Planetenräder (12) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) durch ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und daß das Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) mit dem Steg (35) der Planetenräder (32) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 12A).

16. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Sonnenrad (11) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) mit der Abtriebswelle (1) verbunden ist, daß der Steg (15) der inneren Planetenräder (12') und der Steg (15'') der äußeren Planetenräder (12'') des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) miteinander verbunden und festgesetzt sind, daß der Steg (35') der inneren Planetenräder (32') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (35'') der äußeren Planetenräder (32'') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß die verbundenen Stege (35', 35'', 45) des ersten und zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3, RS4) durch ein viertes Schaltelement (D) mit dem Hohlrad (13) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) verbindbar ist, daß die Abtriebswelle (1) durch ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß die Abtriebswelle (1) durch ein fünftes Schaltelement (E) mit den verbundenen Stegen (35', 35'', 45) des ersten und zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3, RS4) verbindbar ist, daß das Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) durch ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, daß das Hohlrad (13) des Vorschalt-Planetenradsatzes über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und daß das Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und das daran gekoppelte Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) mit der Abtriebswelle (1) verbunden sind (Fig. 13A).

17. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Hohlrad (13) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) mit der Abtriebswelle (1) verbunden ist, daß das Sonnenrad (11) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) festgesetzt ist, daß die Abtriebswelle (1) über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, wobei der Steg (45) mit dem Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist und über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar

ist, wobei die Hohlräder (33, 43) des ersten und zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3, RS4) miteinander verbunden sind, und wobei der Steg (15) des Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, und daß der Steg (35) der Planetenräder (32) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 14A).

18. Mehrstufengetriebe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorschalt-Planetenradsatz (VS) aus drei nicht schaltbaren, gekoppelten Planetenradsätzen (RS1, RS2a, RS2b) gebildet wird, wobei die drei Planetenradsätze (RS1, RS2a, RS2b) ausgangsseitig drei Drehzahlen ( $n_1$ ,  $n_{2a}$ ,  $n_{2b}$ ) erzeugen, die neben der Eingangs-drehzahl ( $n$ ) der Abtriebswelle (1) wahlweise auf mindestens einen der zwei auf die Abtriebswelle (2) wirkenden schaltbaren Planetenradsätzen (RS3, RS4) des Nachschalt-Planetenradsatzes (NS) durch selektives Schließen der Schaltelemente (A bis G) derart schaltbar sind, daß zum Umschalten von einem Gang in den nächstfolgenden hinteren oder niedrigeren Gang von den beiden gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet wird, und daß mindestens sieben Vorwärtsgänge gebildet werden.

19. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Vorwärtsgänge mindestens um Zwei größer ist als die Anzahl der Schaltelemente (A bis G).

20. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorschalt-Planetenradsatz (VS) ein erster Vorschalt-Planetenradsatz (RS1), ein zweiter Vorschalt-Planetenradsatz (RS2a) und ein dritter Vorschalt-Planetenradsatz (RS2b) vorgesehen sind, die ein nicht schaltbares Dreisteg-Fünfwellen-Getriebe bilden, wobei mindestens eine Welle mit der Eingangs-drehzahl ( $n$ ) der Abtriebswelle (1) läuft und mindestens eine weitere Welle festgesetzt ist, und daß das schaltbare Nachschaltgetriebe (NS) ein schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ist, das einen ersten Nachschalt-Planetenradsatz (RS3) und einen zweiten Nachschalt-Planetenradsatz (RS4) umfaßt.

21. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 18, 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Vorschalt-Planetenradsatz (RS1) mit der Abtriebswelle (1) verbunden ist, daß die äußeren Planetenräder (22b'') des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) und die Planetenräder (22a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) miteinander gekoppelt sind, daß der Planetenrädern (22a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und den äußeren Planetenrädern (22b'') des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) gemeinsame Stege (25b'') mit dem Steg (25b') der inneren Planetenräder (22b') des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) und mit dem Steg (15) der Planetenräder (12) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist, daß das Hohlrad (13) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1) und das Sonnenrad (21b) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) festgesetzt sind, daß das Hohlrad (23a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und das Hohlrad (23b) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (45) des zweiten

Nachschaft-Planetenradsatzes (RS4) mit dem Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbunden ist, daß das Hohlrad (23a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und das Hohlrad (23b) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) und dem damit verbundenen Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) über ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, das Sonnenrad (21a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, der den Planetenrädern (22a) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und den äußeren Planetenrädern (22b") des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) gemeinsame Steg (25b") über ein siebtes Schaltelement (G) mit dem Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und der Steg (35) der Planetenräder (32) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 10A).

22. Mehrstufengetriebe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorschalt-Planetenradsatz (VS) aus mindestens vier nicht schaltbaren, gekoppelten Planetenradsätzen (RS1a, RS1b, RS2a, RS2b) gebildet wird, die ausgangseitig vier Drehzahlen ( $n_{1a}$ ,  $n_{1b}$ ,  $n_{2a}$ ,  $n_{2b}$ ) erzeugen, die neben der Eingangsdrehzahl ( $n$ ) der Antriebswelle (1) wahlweise auf mindestens einen der zwei auf die Abtriebswelle (2) wirkenden, schaltbaren Planetenradsätzen (RS3, RS4) des Nachschalt-Planetenradsatzes (NS) durch selektives Schließen der Schaltelemente (A bis H) derart schaltbar sind, daß zum Umschalten von einem Gang in den nächstfolgenden höheren oder niedrigeren Gang von den beiden gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet wird, und daß mindestens sieben Vorwärtsgänge gebildet werden.

23. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Vorwärtsgänge mindestens um Zwei größer ist als die Anzahl der Schaltelemente (A bis H).

24. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorschalt-Planetenradsatz (VS) ein erster Vorschalt-Planetenradsatz (RS1a), ein zweiter Vorschalt-Planetenradsatz (RS1b), ein dritter Vorschalt-Planetenradsatz (RS2a) und ein vierter Vorschalt-Planetenradsatz (RS2b) vorgesehen sind, die ein nicht schaltbares Viersteg-Sechswellen-Getriebe bilden, wobei mindestens eine Welle mit der Eingangsdrehzahl ( $n$ ) der Antriebswelle (1) läuft und mindestens eine weitere Welle festgesetzt ist, und daß das schaltbare Nachschalt-Planetenradsatz (NS) ein schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ist, das einen ersten Nachschalt-Planetenradsatz (RS3) und einen zweiten Nachschalt-Planetenradsatz (RS4) umfaßt.

25. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 22, 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Planetenräder (12a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) an die äußeren Planetenräder (12b") des zweiten Vorschalt-

Planetenradsatzes (RS1b) gekoppelt sind, wobei der den Planetenrädern (12a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) und den äußeren Planetenrädern (12b") des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) gemeinsame Steg (15b") mit dem Steg (15b") der inneren Planetenräder (12b') des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) verbunden ist, daß die Planetenräder (22a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) an die äußeren Planetenräder (22b") des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) gekoppelt sind, wobei der den Planetenrädern (22a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und den äußeren Planetenrädern (22b") des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) gemeinsame Steg (25b") mit dem Steg (25b") der inneren Planetenräder (22b') des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) und mit dem den Planetenrädern (12a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) und den äußeren Planetenrädern (12b") des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) gemeinsamen Steg (15b") verbunden ist, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (11b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) und mit dem Sonnenrad (21a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) verbunden ist, daß das Sonnenrad (11a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) festgesetzt ist, daß das Hohlrad (13a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) mit dem Hohlrad (13b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) verbunden ist und über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist und über ein fünftes Schaltelement (E) mit dem Hohlrad (43) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, das mit dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist, daß das Sonnenrad (21b) des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) über ein erstes Schaltelement (D) mit dem Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und dem Steg (45) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß der Steg (25b") der äußeren Planetenräder (22b") des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) über ein achttes Schaltelement (H) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Hohlrad (23a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) mit dem Hohlrad (23b) des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) verbunden ist und über ein siebtes Schaltelement (G) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) über ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist und daß der Steg (35) der Planetenräder (32) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) mit dem Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) und mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 11A).

26. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 22, 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (1) mit dem Sonnenrad (11a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) verbunden ist, daß die äußeren Planetenräder (12a") des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a), die Planetenräder (12b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b), die Planetenräder (22a) des

dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und die Planetenräder (22b) des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) als Stufenplanet ausgebildet sind, daß der Steg (15a') der inneren Planetenräder (12a') des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) mit dem Steg (15a'') der äußeren Planetenräder (12a'') des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a), dem Steg (15b) der Planetenräder (12b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b), dem Steg (25a) der Planetenräder (22a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) und dem Steg (25b) der Planetenräder (22b) des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) verbunden ist und über ein siebtes Schaltelement (G) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß das Sonnenrad (11b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) festgesetzt ist, daß das Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) über ein drittes Schaltelement (C) festsetzbar ist, daß das Hohlrad (23a) des dritten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2a) über ein achttes Schaltelement (H) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist, daß die Antriebswelle (1) über ein erstes Schaltelement (A) mit dem Sonnenrad (31) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß das Hohlrad (13a) des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1a) und das Hohlrad (13b) des zweiten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS1b) miteinander verbunden sind und über ein zweites Schaltelement (B) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar sind, daß die verbundenen Stege (15a'', 15a') der äußeren und inneren Planetenräder (12a'', 12a') des ersten Vorschalt-Planetenradsatzes über ein viertes Schaltelement (D) mit dem Steg (35') der inneren Planetenräder (32') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) verbindbar ist, daß die äußeren Planetenräder (32'') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und die Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) aneinander gekoppelt sind, daß der Steg (35'') der äußeren Planetenräder (32'') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) mit dem Steg (35') der inneren Planetenräder (32') des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und dem Steg (45) der Planetenräder (42) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbunden ist und durch ein fünftes Schaltelement (E) mit der Antriebswelle (1) verbindbar ist, daß das Sonnenrad (21b) des vierten Vorschalt-Planetenradsatzes (RS2b) über ein sechstes Schaltelement (F) mit dem Sonnenrad (41) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) verbindbar ist und daß das Hohlrad (33) des ersten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS3) und das Hohlrad (43) des zweiten Nachschalt-Planetenradsatzes (RS4) gemeinsam mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist (Fig. 16A).

---

Hierzu 16 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1A

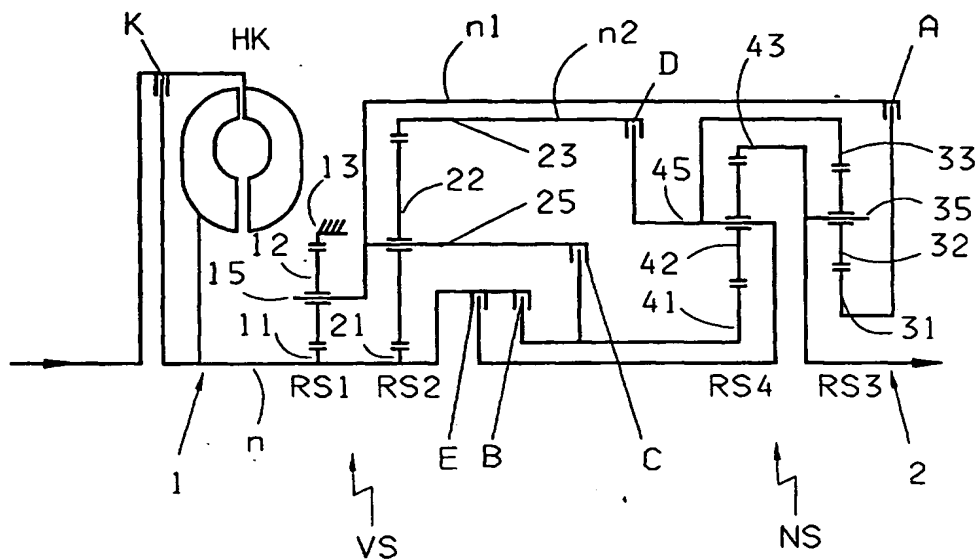


FIG. 1B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 9.15)
	A	B	C	D	E		
1			o	o		7.23	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 100px; height: 100px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 10px;"></div> <div> <p>1.86</p> <p>1.41</p> <p>1.65</p> <p>1.31</p> <p>1.27</p> <p>1.26</p> </div> </div>
2	o			o		3.88	
3	o		o			2.75	
4	o	o				1.67	
5	o				o	1.27	
6		o			o	1	
7			o		o	0.79	
R		o		o		-7.88	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$\begin{aligned} I_0(RS3) &= -2.0 \\ I_0(RS4) &= -2.4 \\ I_0(RS1) &= -1.75 \\ I_0(RS2) &= -4.0 \end{aligned}$$

FIG. 2A

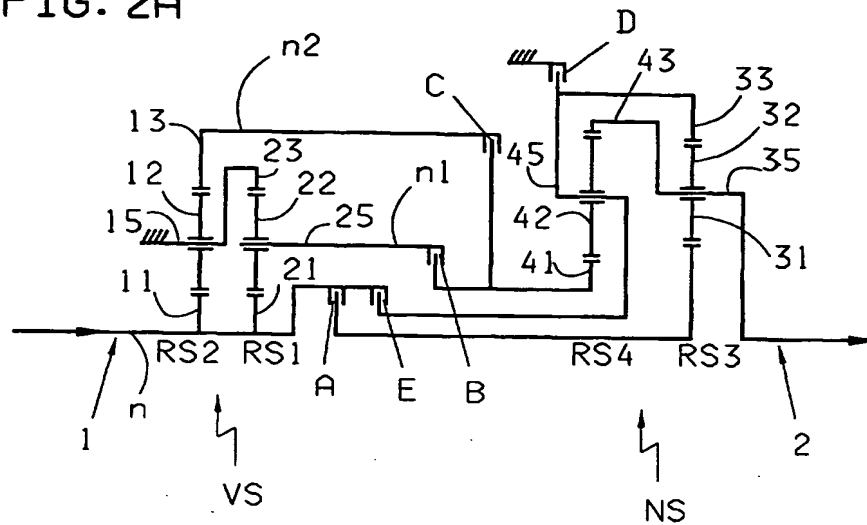


FIG. 2B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 9.0)
	A	B	C	D	E		
1			°	°		6.00	1.86 1.41 1.65 1.31 1.27 1.26
2	°			°		3.25	
3	°		°			2.17	
4	°	°				1.32	
5	°				°	1	
6		°			°	0.82	
7			°		°	0.67	
R		°		°		-9.00	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -2.25$$

$$I_0(RS4) = -3.0$$

$$I_0(RS1) = -2.0$$

$$I_0(RS2) = -2.0$$



FIG. 3A

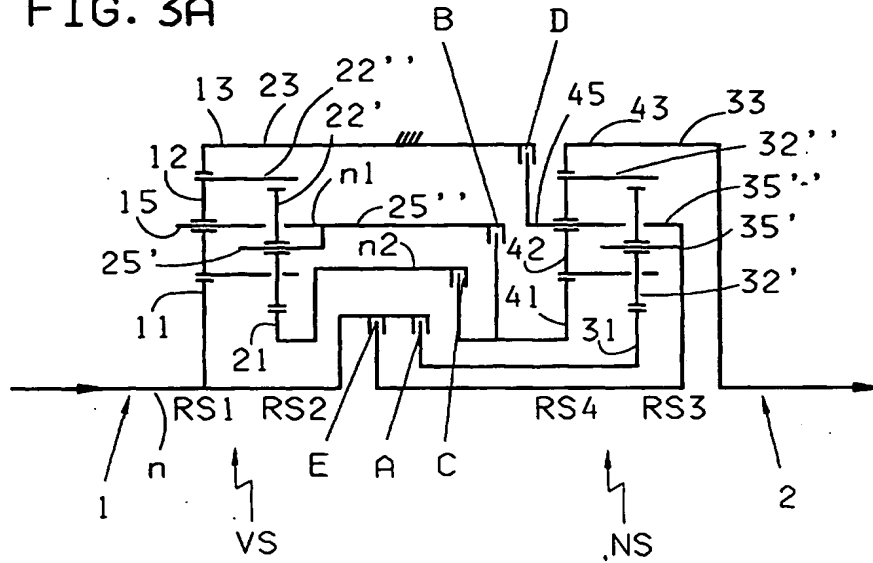


FIG. 3B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 9.0)
	A	B	C	D	E		
1			o	o		6.00	1.86 1.50 1.65 1.32 1.22 1.22
2	o			o		3.25	
3	o		o			2.17	
4	o	o				1.32	
5	o				o	1	
6		o			o	0.82	
7			o		o	0.67	
R		o		o		-9.00	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = +3.25$$

$$I_0(RS4) = -3.0$$

$$I_0(RS1) = -2.0$$

$$I_0(RS2) = +2.5$$

FIG. 4A

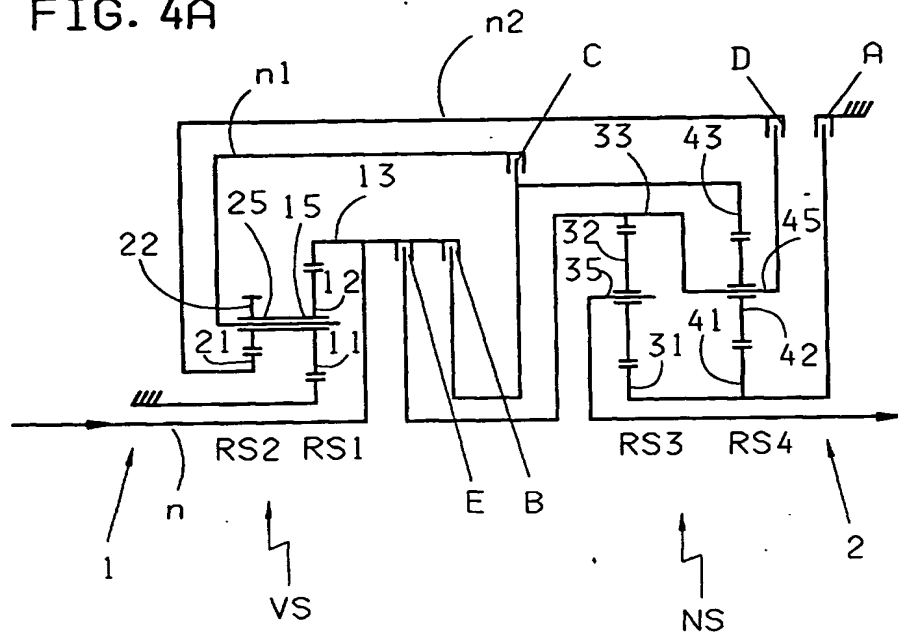


FIG. 4B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 10.2)
	A	B	C	D	E		
1			o	o		8.3	2.08
2	o			o		4.0	1.43
3	o		o			2.8	1.53
4	o	o				1.83	1.38
5	o				o	1.33	1.33
6		o			o	1	1.23
7			o		o	0.81	
R		o		o		-8.6	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$\begin{aligned}
 I_0(RS3) &= -3.0 \\
 I_0(RS4) &= -2.7 \\
 I_0(RS1) &= -1.86 \\
 12/22 &= +1.7
 \end{aligned}$$

FIG. 5A

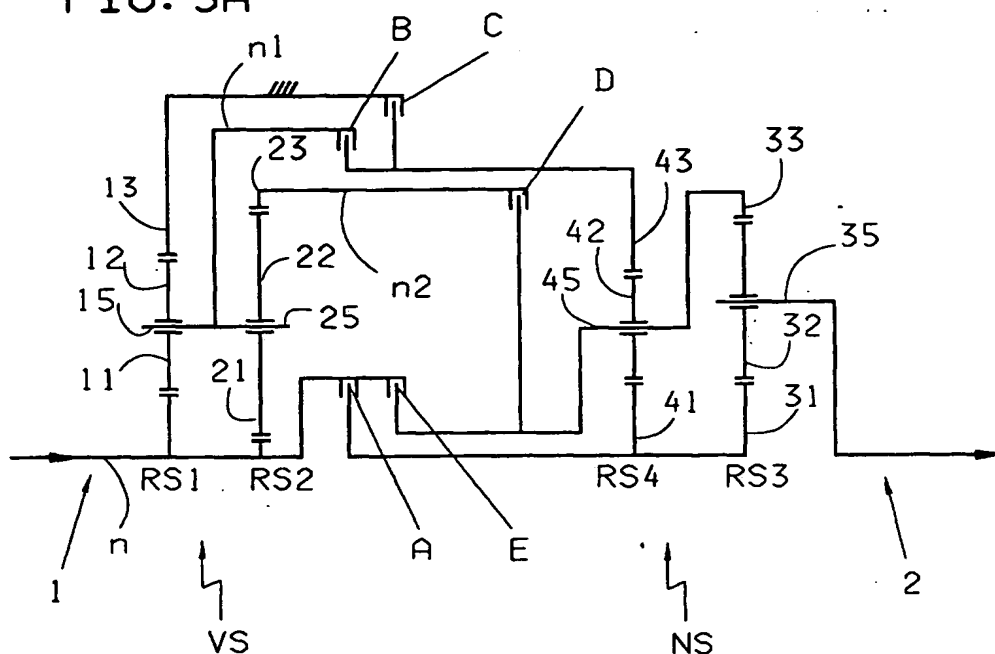


FIG. 5B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 15)
	A	B	C	D	E		
1			°	°		10.0	2.79 1.62 1.46 1.47 1.32 1.15
2	°			°		3.59	
3	°		°			2.15	
4	°	°				1.47	
5	°				°	1	
6		°			°	0.76	
7			°		°	0.66	
R		°		°		-9.37	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -3.39$$

$$I_0(RS4) = -2.27$$

$$I_0(RS1) = -1.5$$

$$I_0(RS2) = -1.8$$

FIG. 6A

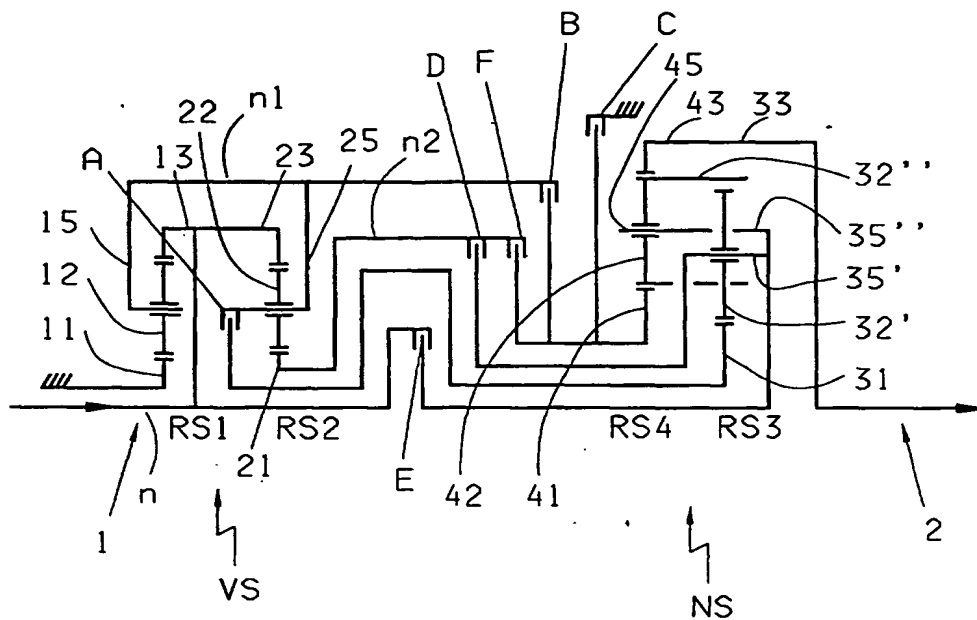


FIG. 6B

GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					
	A	B	C	D	E	F
1				o		o
2			o	o		
3	o			o		
4	o		o			
5	o					o
6	o	o				
7	o				o	
8		o			o	
9					o	o
10			o		o	
R		o		o		

STANDUEBERSETZUNGEN

$I_0(RS3) = +2.6$   
 $I_0(RS4) = -2.0$   
 $I_0(RS1) = -2.3$   
 $I_0(RS2) = -1.8$

FIG. 7A

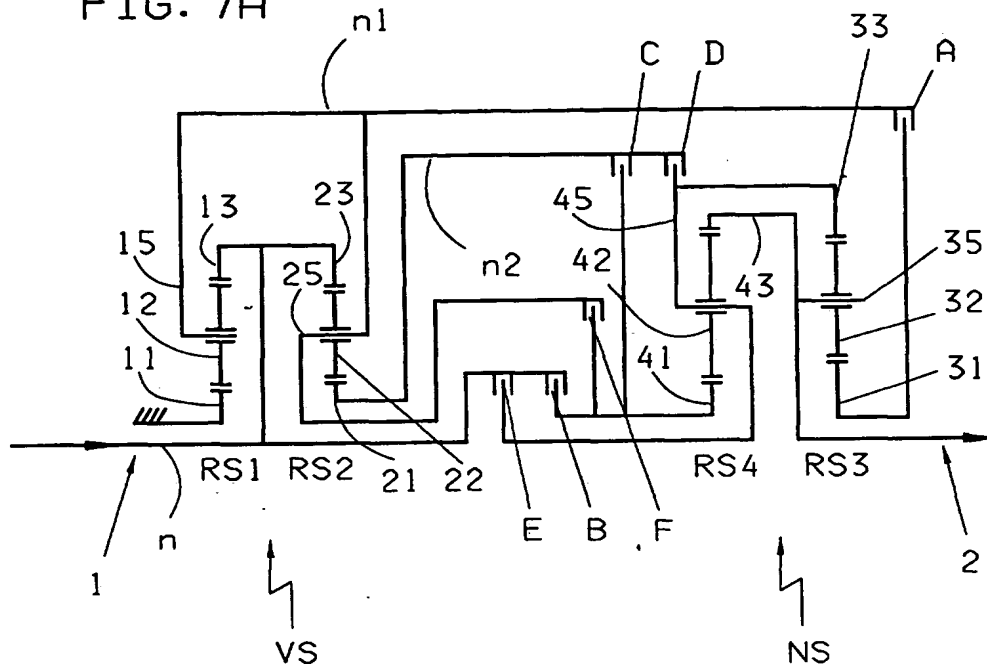


FIG. 7B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					
	A	B	C	D	E	F
1			o	o		
2	o			o		
3	o		o			
4	o					o
5	o	o				
6	o				o	
7		o			o	
8					o	o
9			o		o	
R1				o		o
R2		o		o		

## STANDUEBERSETZUNGEN

$I_0(RS3) = -2.5$   
 $I_0(RS4) = -3.2$   
 $I_0(RS1) = -2.2$   
 $I_0(RS2) = -1.85$

FIG. 8A

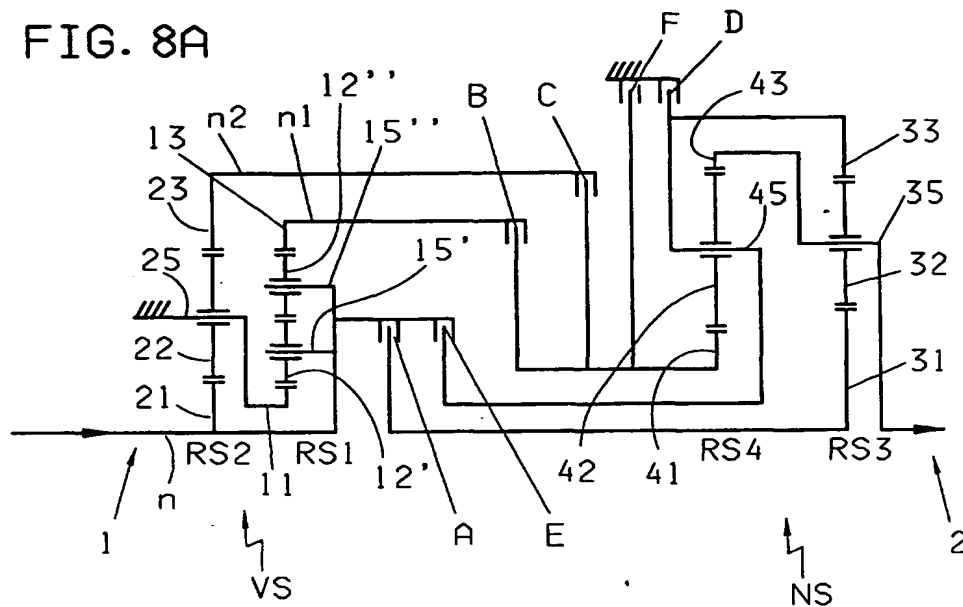


FIG. 8B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT						UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 9.7)
	A	B	C	D	E	F		
1			°	°			6.52	1.65 1.50 1.51 1.40 1.24 1.15 1.15 1.11
2	°			°			3.95	
3	°		°				2.63	
4	°					°	1.74	
5	°	°					1.24	
6	°				°		1	
7		°			°		0.87	
8					°	°	0.75	
9			°		°		0.67	
R		°		°			-5.56	

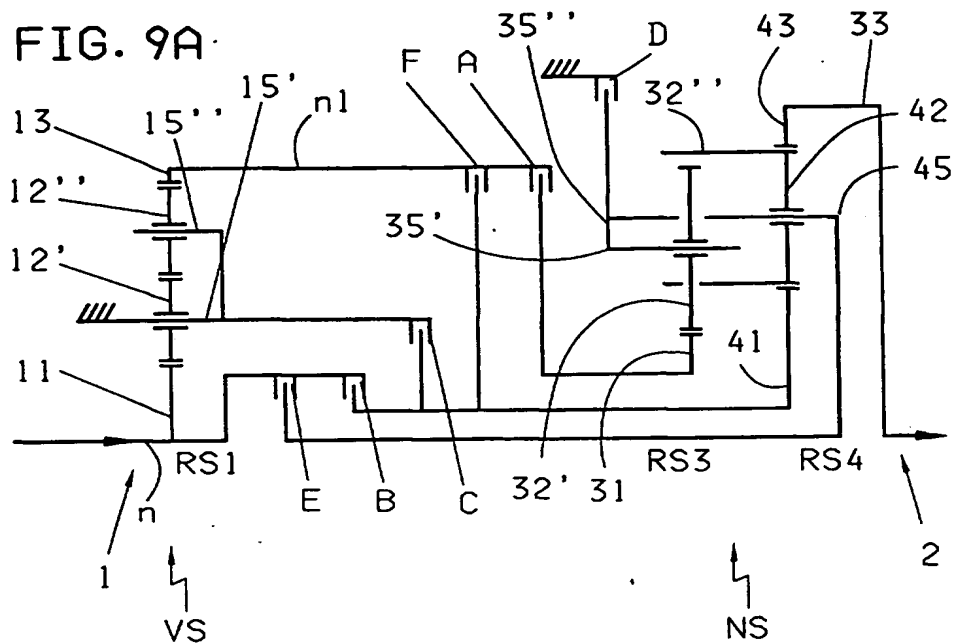
## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -2.95$$

$$I_0(RS4) = -3.0$$

$$I_0(RS1) = +2.17$$

$$I_0(RS2) = -2.17$$

**FIG. 9B****GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE**

GANG	SCHALTELEMENT						UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 9.7)
	A	B	C	D	E	F		
1	o			o			5.43	1.72 1.45 1.36 1.25 1.27 1.23 1.16
2	o		o				3.15	
3	o					o	2.17	
4	o	o					1.59	
5	o				o		1.27	
6		o			o		1	
7					o	o	0.81	
8			o		o		0.70	
R1				o		o	-5.08	1.16
R2		o		o			-2.38	

**STANDUEBERSETZUNGEN**

$$I_0(RS3) = +2.5$$

$$I_0(RS4) = -2.33$$

$$I_0(RS1) = +2.17$$

FIG. 10A

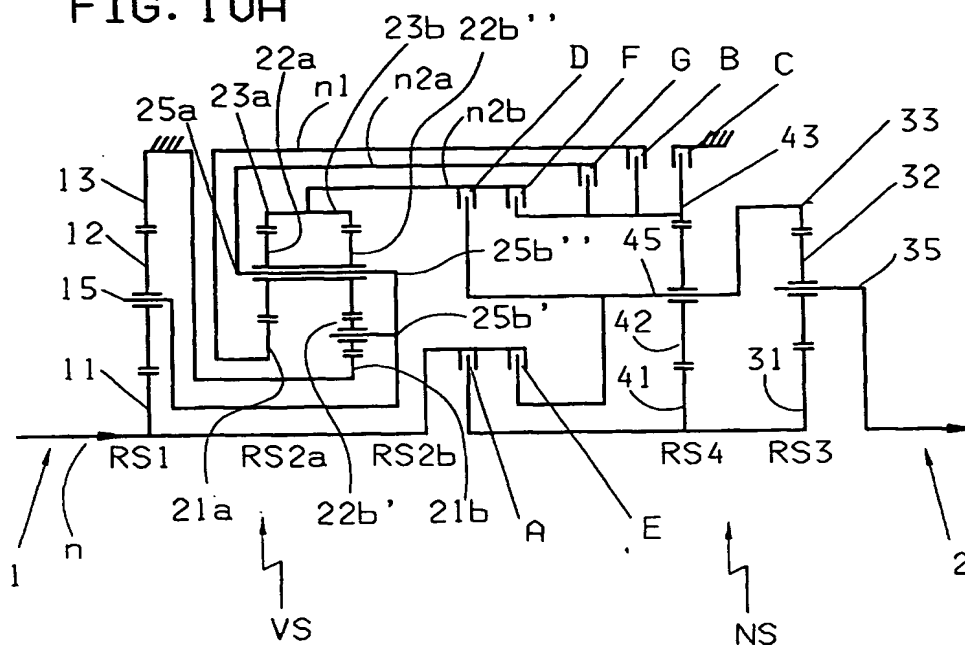


FIG. 10B

GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT						
	A	B	C	D	E	F	G
1				o			o
2				o		o	
3			o	o			
4	o			o			
5	o		o				
6	o					o	
7	o						o
8	o	o					
9	o				o		
10		o			o		
11					o		o
12					o	o	
13			o		o		
R		o		o			

STANDUEBERSETZUNGEN

$$\begin{aligned}
 I_0(RS3) &= -3.4 \\
 I_0(RS4) &= -2.2 \\
 I_0(RS1) &= -2.3 \\
 I_0(RS2a) &= -2.3 \\
 I_0(RS2b) &= +1.8
 \end{aligned}$$





FIG. 12A

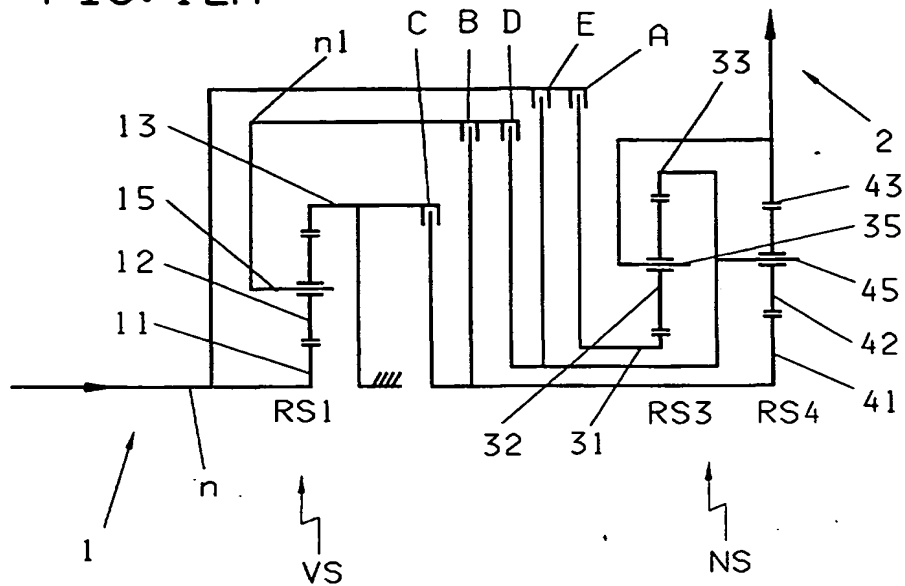


FIG. 12B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 3. 2)
	A	B	C	D	E		
1		°		°		2.5	1.30 1.20 1.16 1.15 1.20 1.18 1.10
2			°	°		1.92	
3	°			°		1.6	
4	°		°			1.38	
5	°	°				1.2	
6	°				°	1	
7		°			°	0.85	
8			°		°	0.77	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -1.7$$

$$I_0(RS4) = -3.3$$

$$I_0(RS1) = -1.5$$

FIG. 13A

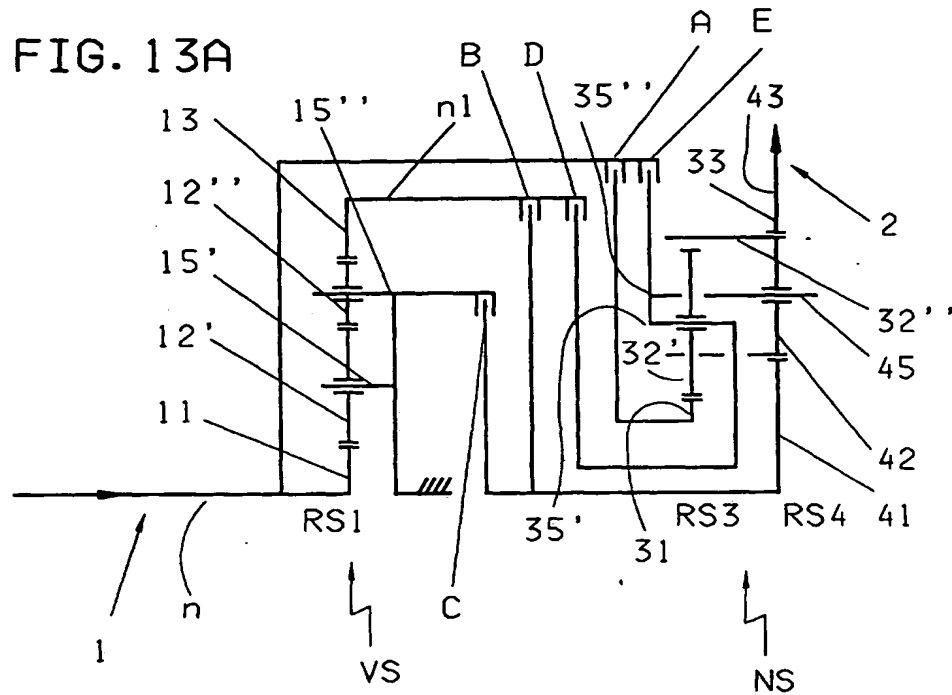


FIG. 13B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 2.7)
	A	B	C	D	E		
1		o		o		2.0	1.33
2			o	o		1.5	1.25
3	o			o		1.2	1.06
4	o		o			1.13	1.07
5	o	o				1.06	1.06
6	o				o	1	1.16
7		o			o	0.86	1.15
8			o		o	0.75	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = +1.5$$

$$I0(RS4) = -3.0$$

$$I_0(RS1) = +2.0$$

FIG. 14A

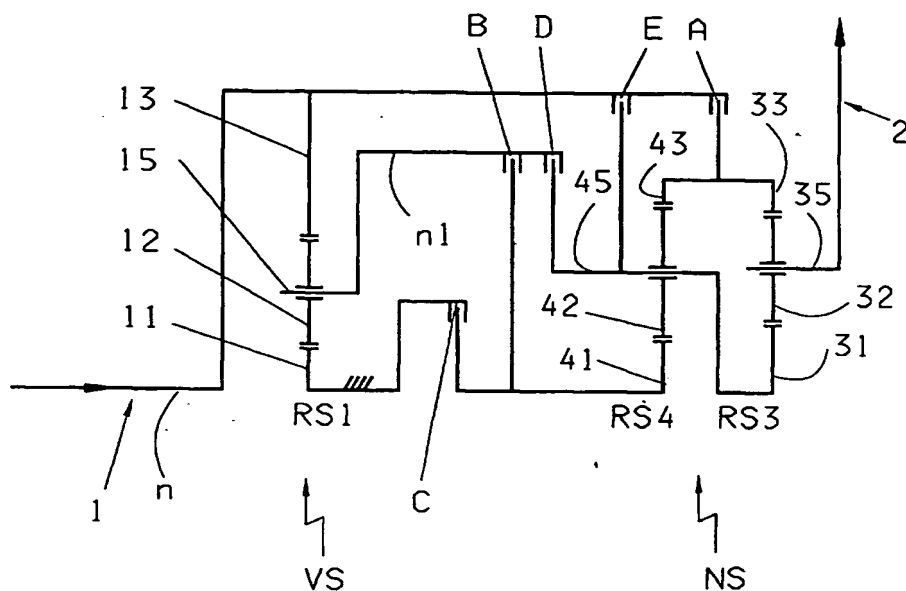


FIG. 14B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT					UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 2.0)
	A	B	C	D	E		
1		o		o		1.67	1.21 1.18 1.06 1.06 1.04 1.09 1.11
2			o	o		1.38	
3	o			o		1.17	
4	o		o			1.10	
5	o	o				1.04	
6	o				o	1	
7		o			o	0.92	
8			o		o	0.83	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -1.75$$

$$I_0(RS4) = -3.0$$

$$I_0(RS1) = -1.5$$

FIG. 15A

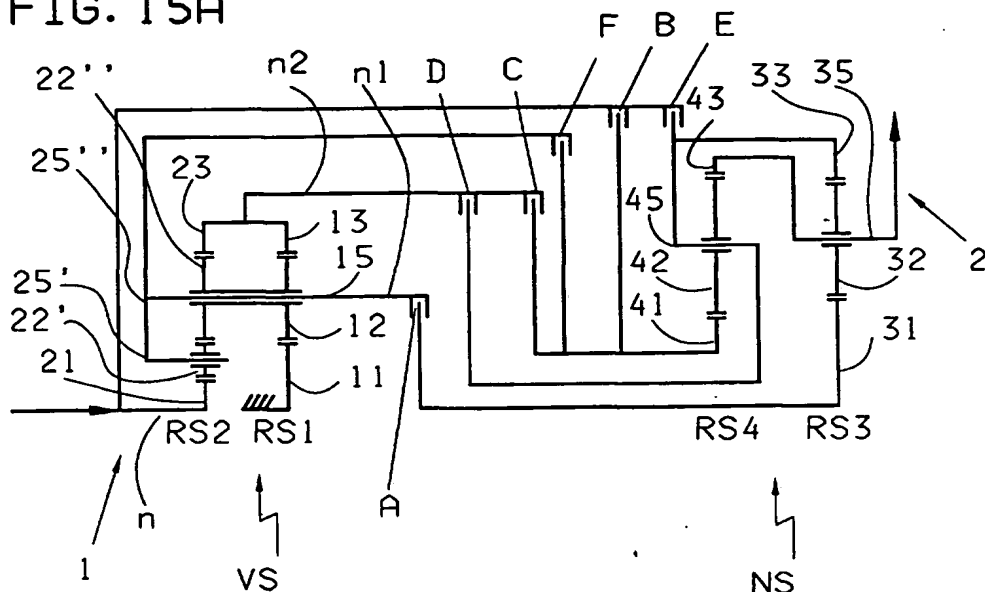


FIG. 15B

## GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT						UEBERSETZUNG	GANGSPRUNG (SPREIZUNG 4.1)
	A	B	C	D	E	F		
1		o		o			3.28	1.36
2				o		o	2.41	1.30
3			o	o			1.86	1.15
4	o			o			1.62	1.11
5	o		o				1.46	1.14
6	o					o	1.28	1.11
7	o	o					1.15	1.07
8	o				o		1.08	1.08
9		o		o	o		1	1.11
10				o	o	o	0.90	1.11
11			o		o		0.81	

## STANDUEBERSETZUNGEN

$$I_0(RS3) = -2.0$$

$$I_0(RS4) = -2.0$$

$$I_0(RS1) = -2.2$$

$$I_0(RS2) = +1.9$$

FIG. 16A

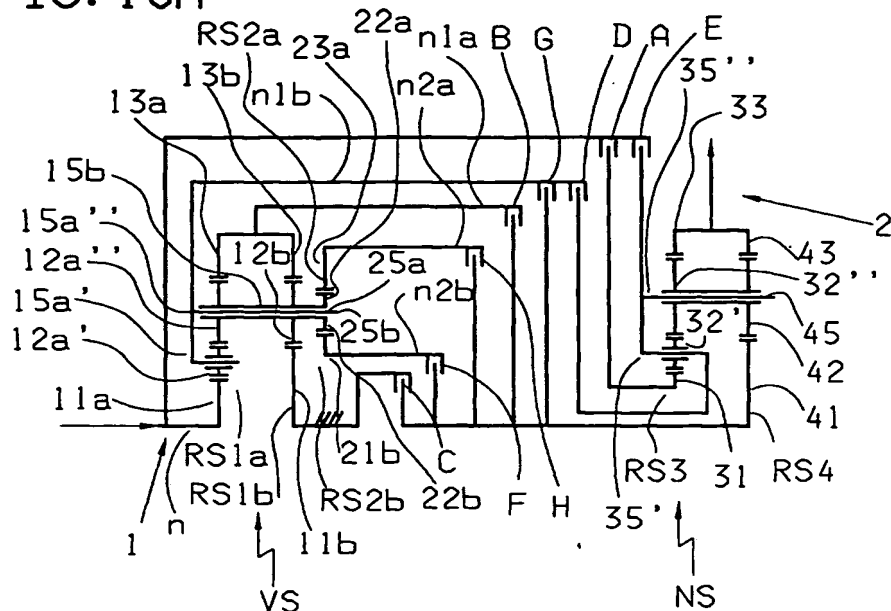


FIG. 16B

GESCHLOSSENE SCHALTELEMENTE

GANG	SCHALTELEMENT							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		o		o				
2				o				o
3				o			o	
4				o		o		
5			o	o				
6	o			o				
7	o		o					
8	o					o		
9	o						o	
10	o							o
11	o	o						
12	o				o			
13		o			o			
14					o			o
15					o		o	
16			o		o	o		
17		o		o	o			

STANDUEBERSETZUNGEN

$$\begin{aligned}
 I_0(RS3) &= +2.0 \\
 I_0(RS4) &= -2.4 \\
 I_0(RS1a) &= +2.0 \\
 I_0(RS1b) &= -1.5 \\
 I_{2b/22a, b} &= 1.75
 \end{aligned}$$